



ESTeSC

Escola Superior de
Tecnologia da Saúde de Coimbra

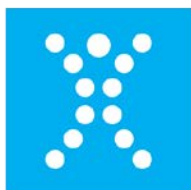


Politécnico de Coimbra

QUALIDADE DO AR INTERIOR EM LABORATÓRIOS DE AULAS

João Maria Montezuma de Carvalho

Coimbra, fevereiro de 2020



ESTeSC

Escola Superior de
Tecnologia da Saúde de Coimbra

João Maria Leitão Montezuma de Carvalho

Qualidade do ar interior em laboratórios de aulas

Mestrado em Segurança e Saúde do Trabalho

Departamento de Saúde Ambiental

(esta versão inclui as críticas e sugestões feitas pelo júri)

Coimbra, 2019

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrónica. A sua reprodução total ou parcial apenas é permitida para fins académicos e científicos, desde que figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

Dissertação submetida à Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre (Mestrado em Segurança e Saúde do Trabalho), realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Ana Maria da Conceição Ferreira e co-orientação do Professor Doutor João Paulo de Figueiredo e do Mestre António José Pereira Loureiro.

Coimbra, dezembro de 2019

Agradecimentos

Expresso o meu sentido agradecimento a todos quantos me apoiaram e incentivaram a desenvolver este trabalho, fazendo-o chegar a bom porto.

Uma palavra especial de agradecimento e apreço:

À Professora Doutora Ana Maria da Conceição Ferreira, com quem tenho a honra de trabalhar no Instituto Politécnico de Coimbra há cerca de uma década e a quem devo o incentivo para me iniciar nesta tarefa, por ter partilhado comigo o seu saber, pela orientação atenta, por todo o apoio e disponibilidade.

Ao Professor Doutor João Paulo de Figueiredo, pela sapiente orientação prestada no domínio da estatística, e por todos os momentos de reflexão e encorajamento que me concedeu, mas também pela partilha de momentos descontraídos.

Ao Mestre António Loureiro, por ter partilhado comigo o seu saber e experiência, por me ter acompanhado na recolha de dados, pelas sugestões e por todo o apoio e disponibilidade.

À Diana Montezuma Felizardo, pelos ensinamentos e conselhos preciosos, no domínio da atividade laboratorial.

Na pessoa do Dirigente Máximo do Estabelecimento de Ensino onde realizámos este estudo, deposito o meu agradecimento a todos os profissionais e estudantes que participaram neste estudo, pela inexcelável colaboração.

A todos manifesto a minha sincera gratidão.

In memoriam

À Senhora Minha Mãe

Resumo

Os laboratórios de ensino são espaços com características específicas, onde são manuseados equipamentos, produtos químicos, agentes biológicos e produtos radioativos que comportam risco para a saúde.

O objetivo deste trabalho consistiu em avaliar a exposição ocupacional dos trabalhadores e estudantes que utilizam os laboratórios de um estabelecimento de ensino superior aos poluentes do ar interior e verificar qual a prevalência de sintomas/doenças nestas pessoas.

A amostragem foi não probabilística quanto ao tipo e por conveniência quanto à técnica. A amostra foi constituída por 4 laboratórios pertencentes a um estabelecimento de ensino superior. Foram administrados inquéritos aos trabalhadores docentes, não docentes e estudantes, e avaliada a qualidade do ar, bem como os níveis de temperatura e humidade relativa. Os dados foram tratados através do *software* estatístico IBM SPSS versão 26.0. A interpretação dos testes estatísticos foi realizada com base no nível de significância de $p < 0,05$, com intervalo de confiança de 95%.

Os resultados deste estudo evidenciam a concentração de poluentes atmosféricos, designadamente, COV, CH₂O e material particulado (PM_{2.5} e PM₁₀), acima do limiar de proteção.

Os sintomas/doenças com maior prevalência foram dores de cabeça, alergias, crise de espírrros, irritações das mucosas, secura dos olhos e pele.

Verificámos que 39,4% dos ocupantes dos laboratórios que percecionaram sintomas associados à Síndrome do Edifício Doente, deixaram de os manifestar quando se deslocavam para o exterior.

Com os resultados obtidos neste estudo, conclui-se que é necessário adotar medidas para melhorar a qualidade do ar interior em laboratórios de ensino. A qualidade do ar interior dos laboratórios deve ser avaliada periodicamente para garantir que trabalhadores e estudantes não estão expostos a condições de risco para a sua saúde.

É importante intervir, realizando ações que tenham como finalidade preservar e melhorar a qualidade do ar, de modo a evitar que os poluentes atmosféricos atinjam concentrações que possam colocar em risco a saúde dos trabalhadores e estudantes.

Palavras-chaves: Qualidade do ar Interior, poluentes atmosféricos, laboratórios de ensino, Saúde Ocupacional

Abstract

Teaching laboratories are spaces with specific characteristics where equipment, chemicals, biological agents and radioactive products, which may pose a health risk, are handled daily.

The objective of this work was to evaluate the occupational exposure of workers and students who use the laboratories of a higher education institution to indoor air pollutants and verify the prevalence of symptoms / diseases.

Sampling was not probabilistic to type and, for convenience, to technique. The sample consisted of 4 laboratories belonging to a higher education institution. Surveys were conducted to teaching and non-teaching workers and students and air quality as well as temperature and relative humidity levels were assessed. Data were processed using IBM SPSS version 26.0 statistical software. Interpretation of statistical tests was performed based on the significance level of $p < 0.05$, with a 95% confidence interval.

The results of this study show that the concentration of atmospheric pollutants, namely VOC, CH_2O and particulate matter ($\text{PM}_{2.5}$ and PM_{10}), are above the threshold limit value.

The most prevalent symptoms / diseases were headaches, allergies, sneezing crisis, mucosal irritations and dry eyes and skin.

We found that 39.4% of laboratory occupants who experienced symptoms associated with the Sick Building Syndrome stopped manifesting them when moved abroad.

With the results obtained in this study, we conclude that it is necessary to adopt measures to improve indoor air quality in teaching laboratories. The indoor air quality of laboratories should be periodically evaluated to ensure that workers and students are not exposed to health hazards.

It is important to intervene, taking actions aimed at preserving and improving air quality, in order to prevent air pollutants from reaching concentrations that may endanger the health of workers and students.

Keywords: Indoor air quality, air pollutants, teaching laboratories, Occupational Health.

Índice Geral

Agradecimentos	V
Resumo	IX
Abstrat	XI
Índice de Figuras e Gráficos	XV
Índice de quadros.....	17
Índice de tabelas	20
Lista de abreviaturas, siglas e símbolos	21
Introdução	23
Parte I Enquadramento teórico	27
Capítulo I – Qualidade do ar	29
1.1 <i>Qualidade do ar interior.....</i>	30
1.2 <i>Fontes de poluição do ar interior.....</i>	30
1.3 <i>Tipos de poluentes do ar interior.....</i>	31
1.3.1 Agentes Químicos	31
1.3.3.1 Dióxido de carbono	31
1.3.1.2 Monóxido de carbono.....	32
1.3.1.3 Partículas ou aerossóis em suspensão no ar	33
1.3.1.4 Compostos orgânicos voláteis	34
1.3.1.5 Formaldeído	35
1.3.2 Agentes físicos	35
1.3.2.1 Ventilação.....	35
1.3.2.2 Velocidade do ar	37
1.3.2.1 Temperatura e Humidade Relativa	37
1.3.3 Agentes biológicos	38
Capítulo II – Poluição atmosférica Vs. efeitos na saúde.....	41
2.1 <i>Efeitos da poluição na saúde humana</i>	41
2.1.1 Efeitos atribuíveis à exposição a curto-prazo	41
2.1.2 Efeitos atribuíveis à exposição a longo-prazo.....	42
2.1.3 Fatores de suscetibilidade dos indivíduos face à poluição atmosférica	43
2.1.4 Impacte da poluição do ar interior na saúde.....	44
2.1.5 A Síndrome do Edifício Doente e a Doença Relacionada com o Edifício	46
Capítulo III – Enquadramento legal	48
Parte II Investigação empírica.....	50
Capítulo IV – Material e métodos	52
4.1 <i>Local do Estudo.....</i>	52
4.2 <i>Tipo de Estudo e universo</i>	52
4.3 <i>Duração e Período de Estudo</i>	52
4.4 <i>Tipo, Técnica de Amostragem e Dimensão da Amostra</i>	53
4.5 <i>Metodologia e Instrumentos de Recolha de Dados</i>	53
4.6 <i>Estratégias para o Tratamento Estatístico dos Dados</i>	54
4.6.1 Estatística Descritiva	56
4.6.2 Estatística Inferencial Univariada.....	56
4.6.3 Estatística Inferencial Bivariada	57

Capítulo V – Resultados	59
5.1 <i>Avaliação do Material Particulado.....</i>	59
5.1.1 Locais de Trabalho.....	59
5.1.2 Período do dia	63
5.1.3 Avaliação dos espaços físicos quanto às condições das Janelas.....	64
5.1.4 Avaliação dos espaços físicos quanto às condições das Portas.....	65
5.1.5 Avaliação do Ambiente Interior e Exterior.....	66
5.1.6 Avaliação do material particulado face aos limiares de proteção	67
5.1.6.1 Avaliação do Parâmetro PM ₁₀	67
5.1.6.2 Avaliação dos Parâmetros PM _{2.5}	72
5.2 <i>Avaliação dos poluentes atmosféricos gasosos</i>	78
5.2.1 Poluentes Atmosféricos por Local.....	78
5.2.2 Poluentes Atmosféricos por Período do Dia	81
5.2.3 Poluentes Atmosféricos por Disposição das Janelas	83
5.2.4 Poluentes Atmosféricos por Disposição das Portas	86
5.2.5 Poluentes Atmosféricos em função do Interior versus Exterior	90
5.2.6 Avaliação dos poluentes atmosféricos gasosos face aos Limiares de Proteção	91
5.2.6.1 Avaliação dos Parâmetro CO ₂	91
5.2.6.2 Avaliação do parâmetro CO	94
5.2.6.3 Avaliação do parâmetro CH ₂ O	98
5.2.6.4 Avaliação do parâmetro COV.....	103
5.3 <i>Avaliação dos parâmetros físicos</i>	108
5.3.1 Temperatura e Humidade Relativa	108
5.3.2 Velocidade do ar	109
5.4 <i>Avaliação de sintomas e doenças</i>	109
5.4.1 Caraterização dos ocupantes	109
5.4.2 Prevalência de Doenças Crónicas	111
5.4.3 Prevalência de Sinais/Sintomas da Síndrome do Edifício Doente	111
5.4.4 Relação entre os sinais e sintomas do edifício doente e o risco de exposição a poluentes	120
5.4.5 Relação entre o Conforto térmico percecionado e os sintomas/doenças do edifício doente.....	127
Capítulo VI – Discussão.....	129
6.1 <i>Monitorização da qualidade do ar</i>	129
6.1.1 Avaliação do Dióxido de Carbono e do Monóxido de Carbono	129
6.1.2 Avaliação do material particulado	130
6.1.3 Avaliação dos COVS.....	131
6.1.4 Avaliação do formaldeído.....	132
6.1.5 Ventilação.....	133
6.1.6 Temperatura e humidade relativa do ar	134
6.2 <i>Relação entre a qualidade do ar e a saúde dos ocupantes.....</i>	134
Capítulo VII – Conclusão	137

Índice de Figuras e Gráficos

Figura 2.1: Alguns dos efeitos da poluição atmosférica na saúde humana.	43
Gráfico 5.1: Estimativas médias de PM_{10} por local de trabalho.....	62
Gráfico 5.2: Distribuição de valores médios de PM_{10} por local de medição ajustado ao período do dia.....	69
Gráfico 5.3: Distribuição de valores médios de $PM_{2.5}$ por local de medição ajustado ao período do dia.....	74
Gráficos n.ºs 5.4 e 5.5: Distribuição de frequências de CO_2 e de CO por local	79
Gráfico n.º 5.6: Distribuição de frequências de COV por local.....	80
Gráficos n.º 5.7 e 5.8: Distribuição de frequências de CO_2 e CO por período do dia.....	82
Gráfico n.º 5.9: Distribuição de frequências de COV por período do dia	83
Gráficos n.ºs 5.10 e 5.11: Distribuição de frequências de CO_2 e CO por disposição das janelas	84
Gráficos n.º 5.12 e 5.13: Distribuição de frequências de CH_2O e COV por disposição de janelas	86
Gráfico 5.14: Distribuição de frequências de CO_2 em função da disposição das portas dos locais avaliados	88
Gráficos n.º 5.15 e 5.16: Distribuição de frequências de CO e CH_2O por disposição das portas	89
Gráfico n.º 5.17: Distribuição de frequências de COV por disposição das portas	89
Gráfico 5.18: Distribuição de valores médios de CO_2 por local de medição ajustado ao período do dia.....	92
Gráfico 5.19: Distribuição de valores médios de CO por local de medição ajustado ao período do dia.....	96
Gráfico 5.20: Distribuição de valores médios de CH_2O por local de medição ajustado ao período do dia.....	100
Gráfico 5.21: Distribuição de valores médios de COV por local de medição ajustado ao período do dia.....	105
Gráfico 5.22: Distribuição de respostas (frequências absolutas e relativas) quanto à função/atividade dos respondentes	110

Índice de quadros

Quadro 5.1: Estimativas médias de PM em função dos locais de trabalho	59
Quadro 5.2: Estimativas médias de PM em função dos períodos do dia.....	63
Quadro 5.3: Estimativas médias de PM em função da disposição das janelas.....	64
Quadro 5.4: Estimativas médias de PM em função da disposição da porta.....	65
Quadro 5.5: Estimativas médias de PM em função da disposição do local.....	66
Quadro 5.6: Estimativa média de PM ₁₀ face ao limiar de proteção	67
Quadro 5.7: Estimativa média de PM ₁₀ face ao limiar de proteção por período do dia avaliado	67
Quadro 5.8: Tipo de risco (PM ₁₀) por período do dia avaliado.....	68
Quadro 5.9: Estimativas médias de PM ₁₀ face ao limiar de proteção por local de estudo	68
Quadro 5.10: Estimativas médias de PM ₁₀ face ao limiar de proteção por período do dia avaliado em função do local	70
Quadro 5.11: Relação entre o tipo de risco (PM ₁₀) por período do dia avaliado em função do local	71
Quadro 5.12: Estimativa média de PM _{2.5} face ao limiar de proteção	72
Quadro 5.13: Estimativa média de PM _{2.5} face ao limiar de proteção por período do dia avaliado	72
Quadro 5.14: Tipo de risco (PM _{2.5}) por período do dia avaliado	73
Quadro 5.15: Estimativas médias de PM _{2.5} face ao limiar de proteção por local de estudo	73
Quadro 5.16: Estimativas médias de PM _{2.5} face ao limiar de proteção por local de estudo em função do período do dia.....	75
Quadro 5.17: Relação entre o tipo de risco (PM _{2.5}) por período do dia avaliado em função do local	76
Quadro 5.18: Estimativas médias de Poluentes Atmosféricos	78
Quadro 5.19: Estimativas médias de Poluentes Atmosféricos	81
Quadro 5.20: estimativas médias de Poluentes Atmosféricos.....	83
Quadro 5.21: Estimativas médias de Poluentes Atmosféricos	87
Quadro 5.22: Estimativas médias de Poluentes Atmosféricos	90
Quadro 5.23: Estimativa média de CO ₂ face ao limiar de proteção.....	91
Quadro 5.24: Estimativa média de CO ₂ face ao limiar de proteção em função do período do dia	91
Quadro 5.25: Estimativa média de CO ₂ face ao limiar de proteção em função do local de estudo	92
Quadro 5.26: Estimativa média de CO ₂ face ao limiar de proteção por local de estudo em função do período do dia	93
Quadro 5.27: Estimativa média de CO face ao limiar de proteção	94

Quadro 5.28: Estimativa média de CO face ao limiar de proteção em função do período do dia	94
Quadro 5.29: Estimativa média de CO face ao limiar de proteção em função do local de estudo	95
Quadro 5.30: Estimativa média de CO face ao limiar de proteção por local de estudo em função do período do dia	97
Quadro 5.31: Estimativa média de CH ₂ O face ao limiar de proteção	98
Quadro 5.32: Estimativa média de CH ₂ O face ao limiar de proteção em função do período do dia	98
Quadro 5.33: Tipo de risco (CH ₂ O) por período do dia avaliado	99
Quadro 5.35: Estimativa média de CH ₂ O face ao limiar de proteção por local de estudo em função do período do dia	101
Quadro 5.36: Relação entre o tipo de risco (CH ₂ O) por período do dia avaliado em função do local	102
Quadro 5.37: Estimativa média de COV face ao limiar de proteção.....	103
Quadro 5.38: Estimativa média de COV face ao limiar de proteção em função do período do dia	103
Quadro 5.39: Tipo de risco (COV) por período do dia avaliado.....	104
Quadro 5.40: Estimativa média de COV face ao limiar de proteção em função do local de estudo	104
Quadro 5.41: Estimativa média de COV face ao limiar de proteção por local de estudo em função do período do dia	106
Quadro 5.42: Relação entre o tipo de risco (COV) por período do dia avaliado em função do local	107
Quadro 5.43: Distribuição de frequências dos parâmetros de conforto térmico por locais avaliados	108
Quadro 5.44: Caracterização sociobiográfica da amostra	109
Quadro 5.45: Descrição da frequência de respostas face ao tipo de doença crónica.....	111
Quadro 5.46: Descrição da frequência de respostas face aos sinais/sintomas de SED	112
Quadro 5.47: Relação entre os sintomas/doenças de SED e a percepção de conforto térmico.....	113
Quadro 5.48: Locais onde os ocupantes se sentem menos confortáveis.....	114
Quadro 5.49: Relação entre Sinais e Sintomas de SED e a exclusão destes no Exterior do Edifício	114
Quadro 5.50: Relação entre os Sinais e Sintomas de SED e o tipo de ocupante em estudo .	115
Quadro 5.51: Relação entre os Sinais e Sintomas de SED e o número de espaços físicos avaliados	117
Quadro 5.52: Relação entre os sintomas/doenças de SED e o tipo de espaços físicos avaliados	119
Quadro 5.53: Relação entre os sintomas/doenças de SED e o risco de exposição a PM _{2.5} ...	121

Quadro 5.54: Relação entre os sintomas/doenças de SED e o risco de exposição a PM ₁₀	122
Quadro 5.55: Relação entre os sintomas/doenças de SED e o risco de exposição a COV	124
Quadro 5.56: Relação entre os sintomas/doenças de SED e o risco de exposição a COV	126
Quadro 5.57: Relação entre os sintomas de SED e os espaços avaliados.....	127
Quadro 5.58: Relação entre os sintomas/doenças de SED e o conforto térmico por espaços avaliados	128

Índice de tabelas

Tabela 1.1: Alguns fatores e fontes que afetam a qualidade do ar interior e conforto.....	31
Tabela 1.2: Compostos orgânicos voláteis comuns e suas fontes.	34
Tabela 2.3: Fontes típicas de poluição do ar interior.....	45
Tabela 2.4: Alguns dos potenciais efeitos na saúde de poluentes do ar interior:	46
Tabela 3.5: Valores limite dos parâmetros químicos e físicos em estudo.....	49

Lista de abreviaturas, siglas e símbolos

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

ASHRAE – American Society Of Heating, Refrigerating And A-C Engineers Fdn

AVAC - Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

BESA – Building Engineering Services Association

CH₂O – Formaldeído

CO – Monóxido de Carbono

CO₂ – Dióxido de Carbono

COV – Compostos Orgânicos Voláteis

DRE – Doença Relacionado com o Edifício

EEA – Agência Europeia do Ambiente

EPA – United States Environmental Protection Agency

EUA – Estados Unidos da América

Hr – Humidade Relativa

IAQ – Indoor Air Quality

IARC – Agência Internacional de Investigação e Cancro

mg/m³ – miligrama por metro cúbico

NO_x – Óxidos de Azoto

O₃ – Ozono

OIT – Organização Internacional do Trabalho

OMS – Organização Mundial da Saúde

PM_{0,3} – Partículas em suspensão de diâmetro inferior a 0,3 µm

PM_{0,5} – Partículas em suspensão de diâmetro inferior a 0,5 µm

PM_{1,0} – Partículas em suspensão de diâmetro inferior a 1,0 µm

PM₁₀ – Partículas em suspensão de diâmetro inferior a 10 µm

PM_{2,5} – Partículas em suspensão de diâmetro inferior a 2,5 µm

PM_{5,0} – Partículas em suspensão de diâmetro inferior a 5,0 µm

PM_x – Partículas em suspensão no ar

Ppm – Parte por milhão

PR – Partículas Respiráveis

QAE – Qualidade do Ar Exterior

QAI – Qualidade do Ar Interior

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

RECS – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços

REH – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

Rn – Radão

RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

SAB – Science Advisory Board

SBS – Sick Building Syndrome

SCE – Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios

SED – Síndrome do Edifício Doente

SO₂ – Dióxido de enxofre

SPSS – Statistical Package for Social Sciences

T° – Temperatura

V_{ar} – Velocidade do Ar

VOC – Volatile Organic Compounds

µm – micrograma

µm/m³ – micrograma por metro cúbico

Introdução

A qualidade do ar é uma das questões ambientais mais relevantes atualmente, que exige a tomada de medidas a nível local, regional e global (DuPont, 2018). A Organização Mundial de Saúde (OMS) declarou que 92% da população mundial vive em locais com má qualidade do ar (DuPont, 2018). De acordo com a OMS, estima-se que a poluição atmosférica seja responsável pela morte de cerca de sete milhões de pessoas anualmente (OMS, 2019). Na Europa, as estimativas mais recentes indicam que a poluição atmosférica possa ser responsável por aproximadamente 800.000 mortes anuais (Lelieveld *et al.*, 2019). Entre 40 a 80% destes casos serão provocados por doenças cardiovasculares (doença cardíaca isquémica e acidentes vasculares cerebrais) (Lelieveld *et al.*, 2019).

Para além das doenças cardiovasculares têm sido vários os problemas de saúde associados aos efeitos da poluição atmosférica, nomeadamente doenças respiratórias, doenças alérgicas, cancro e diminuição da esperança média de vida (Wang *et al.*, 2016). Um aspeto relevante é que os efeitos negativos da poluição sobre a saúde estão associados à condição socioeconómica dos indivíduos, sendo que pessoas com um nível socioeconómico mais desfavorecido estarão mais sujeitas à exposição a níveis elevados de poluição ambiental (Wang *et al.*, 2016). Assim, a poluição atmosférica pode exacerbar a iniquidade na saúde pública. Outro aspeto pertinente é que a poluição atmosférica interage e influencia (negativamente) o clima, o que, especialmente nos dias de hoje, assume particular relevância, uma vez que as políticas de proteção do clima deverão incorporar necessariamente medidas de controlo da poluição do ar (Fiore, Naik, & Leibensperger, 2015).

Quando nos referimos a poluição do ar incluímos os conceitos de poluição do ar exterior e de poluição do ar interior. Até à década de 70 considerava-se que a qualidade do ar interior (QAI) era influenciada apenas pela poluição atmosférica exterior e as ações preventivas baseavam-se sobretudo em tornar os edifícios o mais estanques possível (Monika & Mar, 2017). O aumento da impermeabilidade dos edifícios e a diminuição nas trocas entre o ar interior e o ambiente exterior acabaram por causar um aumento dos compostos poluentes nos espaços interiores, com consequente impacte na saúde dos seus ocupantes. A correlação entre a incidência de doença nos utilizadores destes edifícios “impermeáveis” com o nível de poluentes interiores influenciou a alteração do paradigma na avaliação da poluição do ar interior e a QAI começou a ser estudada como

uma área independente de pesquisa (Monika & Mar, 2017). Desde então sabe-se que os compostos poluentes presentes nos espaços interiores são sobretudo influenciados (para além da ventilação e trocas com o exterior) por dois fatores: o tipo de materiais utilizados na construção, acabamentos e decoração do edifício e pelo tipo de atividades desenvolvidas pelos utilizadores desses espaços.

O objetivo desta dissertação consiste em avaliar a QAI em laboratórios de aulas, pelo que iremos destacar particularmente a questão da poluição do ar interior ao longo deste trabalho. De notar que, cada vez mais, a QAI assume um papel crucial na nossa saúde e bem-estar, uma vez que os indivíduos passam até 90% do seu tempo em espaços interiores (Sundell, 2004). Todos os anos, de acordo com a OMS, morrem cerca de 1,5 milhões de pessoas devido à exposição a poluentes do ar interior, sendo mulheres e crianças as mais afetadas (OMS, 2015). Muitos destes casos estão associados à poluição no interior das residências, nomeadamente por poluentes emitidos pela combustão incompleta de combustíveis sólidos (nomeadamente, madeira, desperdícios agrícolas, carvão) na cozinha, aquecimento ou iluminação. Também os materiais de construção das habitações, produtos de limpeza e a libertação de compostos orgânicos voláteis (COV) contribuem para a poluição nos ambientes residenciais. No contexto da poluição do ar interior, para além da poluição do espaço residencial, tem também importância a poluição no interior dos espaços laborais. A má qualidade do ar em ambiente profissional pode levar ao desenvolvimento ou agravamento de vários problemas de saúde nos trabalhadores e pode contribuir também negativamente para a sua produtividade (Besa, 2016).

Ao longo deste trabalho pretende-se enquadrar a importância e avaliar a qualidade do ar em laboratórios de aulas. A qualidade do ar nestes espaços afeta a saúde e bem-estar dos estudantes e dos profissionais (docentes, investigadores e pessoal não docente). Adicionalmente, a má qualidade do ar poderá mesmo afetar os resultados das atividades desenvolvidas nos laboratórios. Assim, os objetivos deste trabalho são avaliar a exposição ocupacional dos trabalhadores e ocupantes dos laboratórios de aulas aos poluentes do ar interior, apurar se a qualidade do ar nestes espaços está de acordo com os critérios impostos pela legislação portuguesa e associar a saúde dos ocupantes à QAI.

Na primeira parte é feito um enquadramento teórico do tema em investigação, focando inicialmente a relevância do estudo da qualidade do ar, nomeadamente do ar interior, e quais os principais poluentes atmosféricos e as suas principais fontes de emissão.

Seguidamente é feita uma abordagem à relação entre a qualidade do ar e a saúde dos indivíduos, com ênfase na qualidade do ar em espaços interiores e em contexto profissional. No final, apresenta-se o quadro legislativo que regula a implementação de medidas de controlo e prevenção para garantir a qualidade do ar.

Na segunda parte deste trabalho é exposta a componente empírica do mesmo, sendo apresentados os materiais e métodos utilizados para a sua realização, os resultados do estudo, a análise e discussão destes resultados e, por fim, as conclusões deste estudo.

Pretende-se com este estudo, assim, contribuir para o conhecimento acerca da QAI em edifícios da região centro de Portugal, especificamente em ambiente de laboratório de aulas, e salientar alguns dos problemas decorrentes da exposição à má qualidade do ar. Este estudo enquadra a importância deste problema na realidade portuguesa, podendo servir para o desenvolvimento de outros trabalhos nesta área e para alertar sobre o impacto da QAI não só na saúde e bem-estar, mas também enquanto questão ambiental.

Parte I

Enquadramento teórico

Capítulo I – Qualidade do ar

De acordo com a OMS o ar limpo é um direito básico para a saúde humana (OMS, 2005). No entanto, a poluição atmosférica continua a ser atualmente uma ameaça à saúde e bem-estar dos indivíduos.

A qualidade do ar é o termo que se usa, geralmente, para traduzir o grau de poluição no ar que respiramos. Um dado interessante é que a relação entre qualidade do ar e saúde foi já reconhecida por Hipócrates (Seguel, Merrill, Seguel, & Campagna, 2017). Para avaliarmos a qualidade do ar recorremos ao índice de qualidade do ar, que em Portugal é calculado diariamente pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA), e que resulta do cálculo das médias aritméticas dos poluentes dióxido de azoto, ozono (O₃) e partículas PM₁₀ (de diâmetro igual ou inferior a 10 µm) e, se disponíveis, são também considerados os valores de monóxido de carbono (CO) e de dióxido de enxofre (SO₂). Os resultados são convertidos numa escala de cores, de “Muito Bom” a “Mau” e, assim, a população pode proteger-se dos efeitos nocivos da poluição em função do índice observado (Agência Portuguesa do Ambiente, 2019a).

Quando nos referimos a poluição atmosférica, a poluição do ar exterior é possivelmente o tipo de poluição que vislumbramos imediatamente. No entanto, assume cada vez maior relevância a poluição do ar interior, nomeadamente porque passamos até 90% do nosso tempo em espaços interiores (Sundell, 2004). Adicionalmente, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América (EPA) refere que os níveis de poluentes do ar interior podem ser cerca de 100 vezes superiores aos níveis dos poluentes exteriores e foram incluídos no top 5 de riscos ambientais para as pessoas (Seguel *et al.*, 2017).

Os principais poluentes do ambiente exterior são óxidos de azoto (NO_x), SO₂, O₃, CO e partículas finas (OMS, 2018). A QAE é muito influenciada pela organização urbanística, cidades com elevada densidade e com pouca distância entre edifícios reduzem a capacidade de circulação e dispersão de ar; por outro lado, um bom desenho arquitetónico da cidade pode melhorar a circulação e dispersão de ar, reduzindo a acumulação de poluentes (Leung, 2015).

Relativamente ao ar interior são também vários os poluentes a que somos expostos, nomeadamente, NO_x, SO₂, CO, COV, partículas finas, radão, fumo de tabaco passivo, contaminantes biológicos (bactérias, fungos e ácaros) (Seguel *et al.*, 2017). Alguns dos

poluentes são comuns ao ambiente exterior e interior, uma vez que o ar exterior influencia a QAI, pelas trocas existentes entre estes meios.

1.1 Qualidade do ar interior

A QAI, definida pela APA, diz respeito às “características químicas, físicas e biológicas do ar interior não residencial, em locais de trabalho (p. ex. gabinetes) espaços públicos interiores, não incluindo espaços interiores industriais ou na presença de operações que possam afetar o conforto ou saúde do ocupante” (Agência Portuguesa do Ambiente, 2009).

A EPA apresenta uma definição mais geral, em que a QAI corresponde à “qualidade do ar no interior e ao redor de edifícios e estruturas, sobretudo enquanto se relaciona com a saúde e conforto dos ocupantes dos edifícios” (Agência Portuguesa do Ambiente, 2009).

1.2 Fontes de poluição do ar interior

São várias as fontes de poluição do ar que respiramos no interior dos edifícios. Por um lado, a poluição do ar exterior (decorrente p. ex. da emissão de gases por veículos motorizados, fábricas) afeta de forma relevante a QAI; por outro, os próprios edifícios que ocupamos possuem e libertam substâncias poluentes (utilizadas na sua construção, decoração ou associadas aos seus utilizadores), com impacte nocivo na saúde. Outros fatores assumem também aqui crucial importância, nomeadamente a ventilação, as condições de temperatura e humidade, e os contaminantes biológicos.

Um estudo muito recente, efetuado por uma equipa de engenheiros da Universidade de Purdue, mostrou dados preliminares que sugerem que os indivíduos são a fonte principal de emissão de COV nos escritórios atuais (Wu *et al.*, 2019). As emissões humanas de COV incluem o ar exalado, secreções cutâneas, produtos de uso pessoal (como cosméticos e desodorizantes), roupas e microrganismos. Adicionalmente, os dados mostram que a ventilação também assume grande relevância na química do ar interior, pois o primeiro mecanismo para reduzir os COV é através de uma boa ventilação (Wu *et al.*, 2019). Estes novos dados podem ser muito relevantes no desenvolvimento de formas futuras de limitar os níveis de poluição do ar interior.

Tabela 1.1: Alguns fatores e fontes que afetam a QAI e conforto

Fator	Fonte
Temperatura e humidade	Colocação imprópria dos dispositivos de medição, deficiente controlo da humidade, incapacidade do edifício compensar extremos climáticos, número de equipamentos instalados e densidade de ocupação.
Dióxido de carbono (CO ₂)	Nº de pessoas, queima de combustíveis fósseis (gás, aquecedores, etc.).
Monóxido de carbono (CO)	Emissões de veículos (garagens, entradas de ar), combustão e fumo do tabaco.
Formaldeído (CH ₂ O)	Madeira prensada, contraplacado não selado, isolamento de espuma de ureia - formaldeído, tecidos, cola, carpetes, mobiliário, papel químico.
Partículas	Fumo, entradas de ar, papel, isolamento de tubagens, resíduos de água, carpetes, filtros de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC), limpezas.
Compostos Orgânicos Voláteis (COV)	Fotocopiadoras e impressoras, computadores, carpetes, mobiliário, produtos de limpeza, tintas, adesivos, calafetagem, perfumes, lacas, solventes.
Ventilação inadequada	Medidas de poupança de energia e manutenção, má conceção do sistema de AVAC, operação deficiente de funcionamento.
Microrganismos	Água estagnada em sistema de aquecimento, AVAC, materiais molhados e húmidos, desumidificadores, condensadores das torres de arrefecimento, torres de refrigeração.

(adaptado de APA, 2009)

1.3 Tipos de poluentes do ar interior

São vários os agentes químicos, físicos e biológicos que influenciam a QAI:

1.3.1 Agentes Químicos

1.3.3.1 Dióxido de carbono

O Dióxido de carbono (CO₂) é um gás incolor e inodoro que resulta do metabolismo dos ocupantes de um dado edifício, sendo exalado na respiração. Um nível elevado de CO₂ no espaço interior geralmente significa que existe uma má ventilação e/ou sobrelotação para determinado espaço. A libertação de CO₂ pelos ocupantes faz com que a sua concentração no espaço interior exceda a sua concentração no exterior e a sua concentração no espaço interior pode dar uma boa indicação da QAI, no que concerne a outros poluentes gerados pelos ocupantes (Apte, Fisk, & Daisey, 2000).

A *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) Standard 62-1989 recomenda uma taxa mínima de ventilação de 10 L/s/pessoa para

assegurar uma boa QAI no local de trabalho (Agência Portuguesa do Ambiente, 2009). De qualquer forma, devemos usar com precaução os níveis de CO₂ como indicadores de qualidade do ar, pois, apesar de geralmente ser possível inferir que se o sistema de AVAC não está a remover corretamente o CO₂, então os outros poluentes estarão também provavelmente elevados, isto nem sempre acontece e poderão existir casos em que há uma maior fonte de contaminação interior, mesmo com níveis de concentração baixos de CO₂ (Agência Portuguesa do Ambiente, 2009).

Em vários estudos a exposição ao CO₂ foi associada ao desenvolvimento de vários sintomas, nomeadamente cefaleias, fadiga, irritação ocular e nasal e dificuldade respiratória (Apte *et al.*, 2000). A sua acumulação nos espaços interiores também poderá causar sonolência, o que poderá servir de alerta para a acumulação deste e de outros poluentes no ar interior.

1.3.1.2 Monóxido de carbono

O CO é um produto de combustão gerado quando se utilizam vários tipos de equipamentos (nomeadamente, aquecimentos, chaminés, lareiras, fogões a lenha, equipamentos a gás, fumo do tabaco) (Seguel *et al.*, 2017). Uma vez que é um gás incolor e inodoro é particularmente perigoso para a saúde, nomeadamente quando os gases de combustão não são adequadamente ventilados para o exterior, estando reportadas nos Estados Unidos mais de 2000 mortes no período de 2010-2015 associadas ao envenenamento não intencional por CO, ocorrendo sobretudo nos meses de Inverno (CDC, 2017). O mecanismo de atuação do CO ocorre por ligação às moléculas de hemoglobina do sangue, formando carboxiemoglobina, o que prejudica a ligação do oxigénio à hemoglobina e reduz o aporte deste para as células do organismo. Os efeitos iniciais da exposição ao CO incluem cefaleias, fadiga, dificuldade respiratória, náuseas, tonturas e taquicardia; após exposição a maior concentração do CO surge a perda da coordenação motora, alterações cognitivas e eventualmente coma e morte (Seguel *et al.*, 2017).

A Portaria 353-A/2013 de 4 de dezembro fixa como valor limite de exposição ao CO os 9 ppm. O ASHRAE Standard 62-1989 (que corresponde ao consenso para aquecimento, ventilação e ar condicionado em edifícios comerciais da American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers) tem, também, como valor limite de exposição ao CO os 9 ppm. Contudo, valores acima dos 5 ppm indicam já a presença indesejável de poluentes de combustão (Agência Portuguesa do Ambiente, 2009). As

medições dos níveis de CO devem ser realizadas na proximidade das fontes, em áreas onde existem queixas, e em escadas e elevadores que estejam em comunicação com as fontes (Agência Portuguesa do Ambiente, 2009). A monitorização dos níveis de CO pode mesmo ser efetuada no domicílio, nomeadamente perto da área dos quartos da casa, de forma a alertar os habitantes de uma eventual elevação do nível de CO.

1.3.1.3 Partículas ou aerossóis em suspensão no ar

A matéria particulada compreende vários componentes poluentes particulados que possuem características físico-químicas diversas e com diferentes impactes na saúde.

Geralmente as partículas são classificadas pelas suas características aerodinâmicas, sendo o diâmetro aerodinâmico utilizado como indicador do tamanho da partícula; a dimensão das partículas determina o local de deposição destas ao longo do trato respiratório e existem diferentes riscos associados à exposição a partículas de acordo com a sua dimensão (OMS, 2005). As partículas $>10\mu\text{m}$ podem ser removidas ao nível das vias respiratórias superiores, as PM_{10} (partículas inaláveis) têm tendência a depositar-se na cavidade nasal, faringe e laringe e as partículas $\text{PM}_{2.5}$ (partículas respiráveis) depositam-se mais profundamente, na região traqueobrônquica e nos alvéolos pulmonares (Hulin, Simoni, Viegi, & Annesi-Maesano, 2012).

As partículas de maiores dimensões, em áreas urbanas, geralmente correspondem a pó em suspensão proveniente das estradas e atividades industriais, e também o material biológico, como pólenes e fragmentos de microrganismos; outros exemplos são o material produzido pela evaporação marítima (*“sea spray”*) e material libertado em processos de combustão (OMS, 2005). As partículas de menores dimensões são muitas vezes formadas a partir de gases ou de processos de combustão (OMS, 2005). Relativamente aos espaços interiores, as partículas podem provir de contaminação do ar exterior, de fontes de combustão (lareiras, velas, fogão, aquecimentos), de alguns equipamentos (como fotocopiadoras e impressoras) e do fumo de tabaco.

A exposição excessiva às partículas está associada a reações alérgicas, como irritações dos olhos, nariz e pele, tosse e espirros, bem como a dificuldades respiratórias (Agência Portuguesa do Ambiente, 2009). Tem sido muito estudado o efeito da exposição passiva ao tabaco, existindo evidência de uma relação causal entre esta e o desenvolvimento de asma, nomeadamente em crianças (Hulin *et al.*, 2012). Outros efeitos desta exposição são cefaleias, reações alérgicas, doenças respiratórias e cardíacas (Agência

Portuguesa do Ambiente, 2009). Muito importante neste contexto é também o facto da Agência Internacional de Investigação em Cancro (IARC) ter considerado que a exposição passiva ao fumo do tabaco é carcinogénica para os seres humanos (Alavanja *et al.*, 2004).

1.3.1.4 Compostos orgânicos voláteis

Correspondem a compostos químicos que possuem na sua composição átomos de carbono e de hidrogénio, tendo sido já identificados mais de 900 no ar interior (Agência Portuguesa do Ambiente, 2009).

Tabela 1.2: Compostos orgânicos voláteis comuns e suas fontes.

Fontes	COV
Adesivos/ selantes	Formaldeído, éter butilo, propileno glicol, etc.
Carpetes	4-fenilciclohexeno, acetato vinil, acetaldeído, etc.
Produtos de limpeza	Limoneno, isopentano, isopropanol, butoxietanol, 1,4-diclorobenzeno.
Mobiliário de escritório	Formaldeído, acetaldeído, butilacetato, etc.
Tintas	Tolueno, propileno glicol, etileno glicol, metil propanol.
Impressoras, fotocopiadoras	Estireno, etilbenzeno, xilenos, benzeno, etc.
Têxteis	Formaldeído, acetaldeído, decano, tetradecano.
Ocupantes dos edifícios	Benzeno do fumo de tabaco e garagens, limoneno e outros compostos dos produtos de uso pessoal (como desodorizantes), tetracloroetileno de roupas limpas a seco, alcanos de cremes, sabonetes e cosméticos.

(adaptado de Bernstein *et al.*, 2008)

Em edifícios não industriais algumas fontes de COV são p. ex. os plásticos, fumo do tabaco, produtos de limpeza, fontes de combustão, impressoras, fotocopiadoras (Agência Portuguesa do Ambiente, 2009). Para além destas fontes, um estudo recente, já mencionado anteriormente no texto, da Universidade de Purdue, apresentou dados preliminares que sugerem que as pessoas são as fontes principais de emissão de COV no ambiente de escritório (Wu *et al.*, 2019). Estas emissões de COV incluem o ar exalado, secreções cutâneas, produtos de uso pessoal, roupas e microrganismos (Wu *et al.*, 2019).

A exposição a COV no ar interior tem sido relacionada com alterações respiratórias, existindo, por exemplo, vários estudos que associam a concentração elevada destes

compostos com o desenvolvimento de asma (Hulin *et al.*, 2012). Existem mesmo estudos que sugerem que a exposição *in utero* a níveis elevados de COV poderá ter impacte na imunidade dos recém-nascidos (Hulin *et al.*, 2012). Outros efeitos adversos sugeridos dos COV são efeitos de irritação nas membranas mucosas, nomeadamente, olhos e nariz, efeitos sistémicos como cansaço e perturbação da capacidade de concentração e, possivelmente, efeitos carcinogénicos (Bernstein *et al.*, 2008).

1.3.1.5 Formaldeído

O formaldeído (CH_2O) pertence à classe dos COV e é uma das mais conhecidas substâncias desse grupo. Trata-se de um gás incolor e inflamável à temperatura ambiente, que possui um cheiro característico forte e que causa mesmo uma sensação de queimadura/picada nos olhos, nariz e garganta quando existe em elevada concentração (Seguel *et al.*, 2017).

Fontes comuns nos edifícios de CH_2O são resinas utilizadas em construções de madeira, plásticos, têxteis, carpetes, mobiliário, pesticidas, tintas e produtos de limpeza (Seguel *et al.*, 2017). O CH_2O pode também ser utilizado em vários laboratórios, nomeadamente na preservação de tecidos orgânicos, sendo necessária uma extração adequada e monitorização estrita dos seus níveis nestes locais.

Os efeitos na saúde da exposição ao CH_2O mais comuns incluem irritação das mucosas (olhos, nariz, garganta), cefaleias, fadiga, distúrbios na memória e concentração, náuseas, sensação de falta de ar (Agência Portuguesa do Ambiente, 2009). A IARC sugeriu também que o CH_2O possa ser um agente carcinogénico, nomeadamente no caso do cancro nasofaríngeo (Rousseau, Straif, & Siemiatycki, 2005; Seguel *et al.*, 2017). Os níveis de CH_2O nos espaços interiores devem ser inferiores a 0,1 ppm uma vez que os efeitos irritantes estão geralmente associados a concentrações médias de 0,5 ppm. No entanto, indivíduos mais sensíveis podem ser afetados mesmo quando existem concentrações inferiores a 0,01 ppm (Agência Portuguesa do Ambiente, 2009).

1.3.2 Agentes físicos

1.3.2.1 Ventilação

A ventilação é o processo que promove a entrada e a renovação de ar dos espaços. A ventilação tem dois objetivos primários que são i) remover ou diluir os poluentes e

odores no ar interior e ii) promover o conforto térmico em ambientes interiores (C. Ramos, 2013).

A ventilação de espaços interiores pode ser efetuada de forma natural ou de forma mecânica.

A ventilação natural é usualmente realizada através da abertura de portas e janelas, ventilação cruzada, grelhas autorreguláveis em caixas de estores e caixilharias para admissão de ar, grelhas em portas interiores para circulação de ar e condutas de exaustão para a saída do ar viciado, de forma a garantir o número mínimo de renovações de ar por hora, mantendo assim as condições de salubridade no interior (Loureiro, 2015; Massa, 2010; Matos, 2009).

No verão, a ventilação natural assume um papel importante no processo de arrefecimento noturno dos edifícios e no estabelecimento das condições de conforto térmico (Loureiro, 2015).

Por ventilação mecânica entende-se a ventilação com recurso a meios mecânicos baseados na utilização de sistemas e equipamentos que promovem a renovação do ar interior por extração do ar do espaço e/ou insuflação de ar exterior ou de ar tratado numa mistura com ar novo vindo do exterior (Portaria n.º 353-A/2013 de 4 de Dezembro, 2013).

Na ventilação com recurso a meios mecânicos deve ser garantida: a distribuição homogénea do ar novo em toda a zona ocupada do espaço; a existência de sistemas de ventilação apropriados para a renovação do ar interior que garantam o caudal mínimo de ar novo de acordo com o previsto no Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), considerando a eficácia de remoção de poluentes garantida por esse sistema na zona ocupada (Portaria n.º 353-A/2013 de 4 de Dezembro, 2013).

O ar distribuído pelos sistemas de ventilação não deve ser ele próprio uma fonte de contaminação do ar interior, no entanto isso pode acontecer se não forem tomadas as opções corretas na fase de projeto do edifício e durante a sua exploração. A localização das admissões de ar é um ponto muito importante a ter em atenção na fase de projeto do sistema AVAC (C. Ramos, 2013).

1.3.2.2 Velocidade do ar

A velocidade do ar (Var) é também um fator importante para manter o conforto térmico humano e influencia a dispersão dos poluentes em espaços interiores (Santos, 2010).

A ASHRAE recomenda que a circulação média de ar de uma zona ocupada, para o período de Inverno, não deve exceder 0,15 m/s, e no Verão não deve exceder 0,25 m/s. Por sua vez, o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) apresenta como valor limite 0,2 m/s, acima desta velocidade poderá provocar desconforto térmico. Como refere Bernardes no seu estudo “Análise dos Métodos de Auditoria à Qualidade do Ar Interior”, o fluxo de ar é influenciado pela ação combinada do sistema de ventilação mecânico (controlado) e do sistema de ventilação natural (forças não controladas). Os gradientes de pressão gerados permitem deslocar os poluentes através das janelas, portas, frestas, buracos, escadarias, poços dos elevadores, e outras aberturas (Bernardes, 2009).

1.3.2.1 Temperatura e Humidade Relativa

De acordo com a APA conforto térmico significa “um estado de espírito no qual a pessoa sente satisfação com o ambiente térmico” (Agência Portuguesa do Ambiente, 2009). Para além de fatores como a temperatura, a humidade relativa e a ventilação também há fatores próprios dos indivíduos que afetam o conforto térmico, nomeadamente o nível de atividade (profissões mais sedentárias Vs. mais ativas), a idade e a própria fisiologia de cada pessoa. A ASHRAE elaborou indicações que descrevem as amplitudes de temperatura e de humidade que são confortáveis para a maioria das pessoas envolvidas em atividades maioritariamente sedentárias. Tendo em vista proporcionar bem-estar e defender a saúde dos trabalhadores, o Decreto-Lei n.º 243/86, de 20 de agosto, fixa que a temperatura nos locais de trabalho deve, na medida do possível, oscilar entre 18°C e 22°C, salvo em determinadas condições climatéricas, em que poderá atingir os 25.ºC, e a humidade da atmosfera de trabalho deve oscilar entre 50% e 70% (Decreto-Lei n.º 243/86, de 20 de agosto). De acordo com o “*ASHRAE Standard 55-2017*” a temperatura deve variar entre ~ 19,5 e 27,8°C e os equipamentos de AVAC devem manter uma razão de humidade abaixo de 0,012 (Parsons, 2019). O standard não especifica um limite inferior de humidade mas indica alguns aspetos como limitantes de baixos níveis de humidade: pele seca, irritação das membranas mucosas, olhos secos e eletricidade estática (ANSI/ASHRAE, 2017).

Uma temperatura uniforme é importante para o conforto térmico. Algumas medidas podem melhorar o isolamento e contribuir para a melhoria do conforto térmico, nomeadamente, adequado isolamento de paredes, utilização de cortinas para evitar exposição direta ao sol, correto isolamento de janelas (EPA, 2014).

Também a humidade é importante para o conforto térmico. Aumentando a humidade relativa, é reduzida a capacidade de eliminar calor, tendo um efeito idêntico ao aumento de temperatura. Níveis de humidade extremos (muito elevados ou muito baixos) podem ser desconfortáveis e uma humidade relativa elevada pode contribuir para o crescimento de fungos, com consequências para a saúde dos ocupantes dos edifícios (EPA, 2014). Para além disso quer os níveis de humidade, quer a temperatura do ar podem afetar os níveis de alérgenos no ar, contribuindo para o aumento de sintomas alérgicos (Ramachandran, Adgate, Banerjee, & Church, 2005).

Estes fatores físicos também podem influenciar o desempenho dos trabalhadores, estando descrito que vários sintomas associados à SED podem ser aliviados quando os indivíduos trabalham com certos níveis de temperatura e de humidade, o que sugere que a exposição a longo prazo, a determinadas temperaturas e humidade relativa, pode melhorar o desempenho laboral (Fang, Wyon, Clausen, & Fanger, 2004). Outro estudo recente demonstrou que as pessoas que trabalhavam em condições de humidade relativa de 30 a 60% experienciaram menores níveis de stress e melhor qualidade de sono relativamente a quem trabalhou em ambientes mais secos (Razjouyan *et al.*, 2019).

Assim, a adequação da temperatura e da humidade relativa do ar interior assume particular relevância, quer para a saúde dos ocupantes, quer para o desempenho profissional.

1.3.3 Agentes biológicos

Finalmente, são também agentes contaminantes do ar interior alguns agentes biológicos como vírus, bactérias, fungos e bolores. Estes microrganismos podem afetar a saúde dos indivíduos, sendo frequentes reações alérgicas, sintomas de irritação (olhos, nariz e pele), infeções (p. ex. pneumonia, tuberculose) e reações tóxicas (Agência Portuguesa do Ambiente, 2009). Uma doença relevante (e potencialmente fatal) no contexto da saúde pública é a doença do legionário, causada pela bactéria *Legionella* que pode estar presente em torres de arrefecimento, condensadores de evaporação e sistemas de água

quente, sendo depois disseminada pelo ar através de aerossóis (Agência Portuguesa do Ambiente, 2009).

Capítulo II – Poluição atmosférica vs. efeitos na saúde

A poluição atmosférica compreende a contaminação quer do ar interior, quer do ar exterior, por uma variedade de substâncias gasosas e sólidas que modificam as suas características naturais, sendo os principais poluentes que afetam a saúde o CO, partículas finas (PM_{2.5} e PM₁₀), O₃, SO₂, NO_x e COV.

Existe atualmente evidência científica robusta que demonstra que a exposição à poluição atmosférica pode afetar a saúde humana, causando desde alterações bioquímicas e fisiológicas subtis até doenças significativas e morte (OMS, 2005).

De acordo com a OMS estima-se que a poluição atmosférica seja responsável anualmente pela morte de cerca de sete milhões de pessoas no mundo (OMS, 2019). Deste impacto da poluição atmosférica na saúde surge a necessidade, ainda atual, de monitorizar cada vez mais os seus efeitos e de estabelecer medidas de controlo e redução dos níveis de poluição.

Para compreender esta relação entre poluição atmosférica e saúde é importante analisar algumas questões:

- Quais os efeitos da poluição na saúde humana?
- Quais os fatores de suscetibilidade dos indivíduos face à poluição atmosférica?
- Qual o impacto da poluição do ar interior na saúde?
- O que é a SED e a Doença Relacionada com o Edifício (DRE)?

2.1 Efeitos da poluição na saúde humana

Os efeitos da poluição atmosférica na saúde podem dividir-se tradicionalmente em efeitos relacionados com exposição a curto-prazo e efeitos relacionados com exposição a longo-prazo (OMS, 2000):

2.1.1 Efeitos atribuíveis à exposição a curto-prazo

- Idas ao serviço de urgência, serviços de cuidados primários e internamentos hospitalares por problemas respiratórios e cardiovasculares;
- Dias de atividade limitada e de absentismo laboral/escolar;
- Sintomas agudos (p.ex. tosse, expetoração, infeções respiratórias);
- Alterações fisiológicas (nomeadamente a nível pulmonar);

- Mortalidade.

2.1.2 Efeitos atribuíveis à exposição a longo-prazo

- Doenças respiratórias crônicas (p. ex. doença pulmonar obstrutiva crônica, asma);
- Doenças cardiovasculares crônicas (p. ex. doença cardíaca isquêmica, acidentes vasculares cerebrais);
- Cancro do pulmão;
- Alterações na gravidez (nomeadamente restrição do crescimento intrauterino, baixo peso ao nascimento, prematuridade);
- Mortalidade.

De acordo com o mais recente relatório da Agência Europeia do Ambiente (EEA) as doenças cardiovasculares (como a doença cardíaca isquêmica e os acidentes vasculares cerebrais) são as causas de morte precoce mais comuns atribuíveis à poluição atmosférica, seguindo-se as doenças pulmonares e o cancro do pulmão (EEA, 2019). Adicionalmente, a IARC classificou, em 2013, a poluição atmosférica como agente carcinogénico, relacionando sobretudo a poluição com o cancro do pulmão, mas também possivelmente com outros tipos de cancro (apesar de ainda ser necessária maior evidência científica para comprovar esta relação causa-efeito noutros tipos de cancro) (IARC, 2013).

A nível respiratório, tanto a exposição a curto, como a longo-prazo, à poluição por crianças e adultos pode levar à redução da função pulmonar, a maior propensão para adquirir infeções respiratórias e ao agravamento de asma (EEA, 2019). A exposição materna está associada a efeitos adversos na fertilidade, gravidez, nos recém-nascidos e crianças (EEA, 2019). Mais recentemente começa a existir evidência da influência da poluição noutro tipo de doenças: diabetes mellitus tipo 2, obesidade, inflamação sistémica, demência e saúde mental (EEA, 2019; Xue, Zhu, Zheng, & Zhang, 2019).

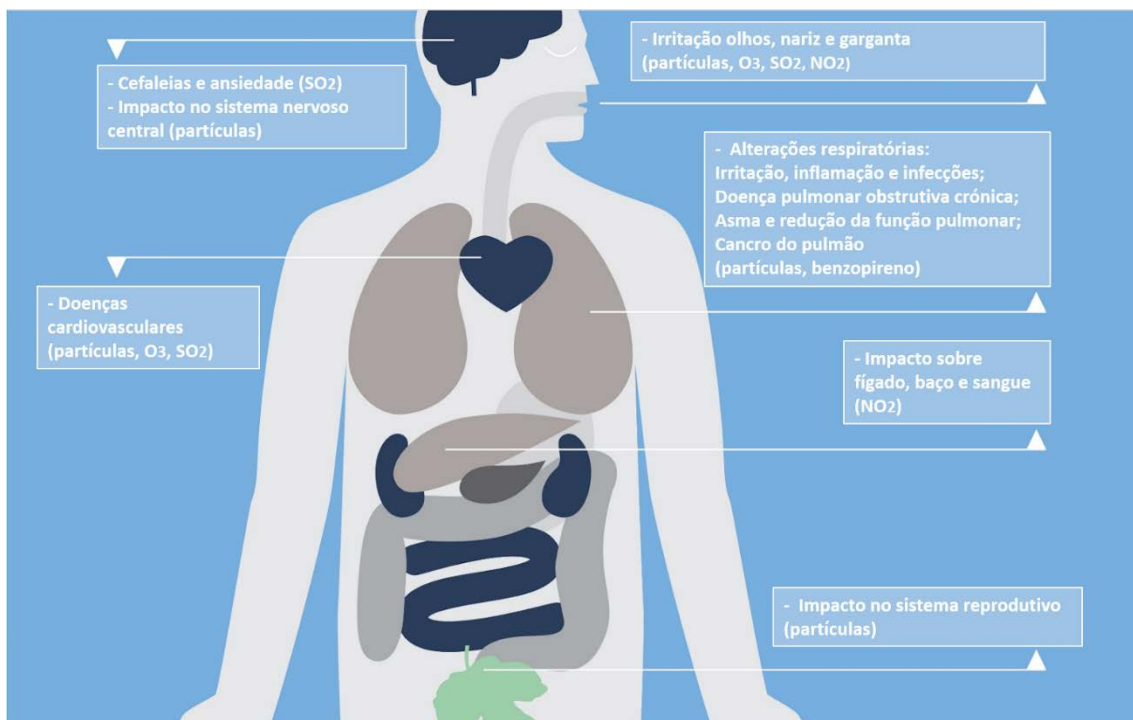


Figura 2.1: Alguns dos efeitos da poluição atmosférica na saúde humana. Adaptado de EEA (2013).

2.1.3 Fatores de suscetibilidade dos indivíduos face à poluição atmosférica

A poluição atmosférica não afeta todos os indivíduos da mesma forma, por um lado devido a fatores associados aos poluentes (tipo de poluentes, concentração destes no ambiente, tempo de exposição, entre outros fatores) e, por outro, devido às características dos indivíduos expostos, que podem conferir maior ou menor suscetibilidade ao desenvolvimento de alterações/ doenças relacionadas com a poluição.

Alguns destes fatores de suscetibilidade relacionados com os indivíduos são os seguintes (OMS, 2009):

- Idade da pessoa exposta (crianças, sobretudo menores de 5 anos de idade, e idosos são especialmente vulneráveis aos efeitos nocivos da poluição atmosférica);
- Doenças pré-existentes (asma ou outras doenças respiratórias, doenças cardiovasculares) aumentam o risco de desenvolvimento de problemas de saúde associados à poluição;
- Gravidez (p. ex. vulnerabilidade a efeitos sobre o feto como baixo peso ao nascimento, prematuridade);

- Baixo nível socioeconómico (pessoas com baixo *status* socioeconómico e habitação precária e nutrição deficiente estão particularmente vulneráveis aos efeitos nocivos da poluição atmosférica);
- Exposição ocupacional (trabalhadores da construção civil, polícias de trânsito, trabalhadores das limpezas, entre outros, são populações em risco para este tipo de doenças).

2.1.4 Impacte da poluição do ar interior na saúde

Atualmente os indivíduos passam a maior parte do seu tempo em ambientes interiores (p. ex. habitação, escola, emprego) e, assim, a qualidade do ar no interior dos edifícios assume um papel crucial na sua saúde e bem-estar (OMS, 2009).

O que determina a qualidade do ar interior? Por um lado, a QAE, devido às trocas que ocorrem de forma permanente, influencia de forma importante a QAI. Para além do ar exterior existem outras condicionantes da QAI. Desde os materiais de construção utilizados na decoração e mobiliário (que podem ter na sua constituição produtos químicos que emitem COV); os próprios indivíduos e animais que permanecem nos edifícios (que expiram CO₂ para a atmosfera); as atividades desenvolvidas no interior (p. ex. cozinhar, limpeza com produtos químicos, hábitos tabágicos, acender lareiras ou velas); todos estes aspetos influenciam a QAI.

São também importantes, no contexto da QAI, as condições de humidade e temperatura. A humidade excessiva pode levar ao desenvolvimento de bolores com consequentes efeitos deletérios na saúde das pessoas que utilizam os edifícios e o aumento da temperatura, para a mesma concentração de poluição atmosférica, está relacionada com o aumento de queixas de saúde.

Tabela 2.3: Fontes típicas de poluição do ar interior

Fontes exteriores	Equipamento do edifício	Componentes/ mobiliário	Outras fontes potenciais
<ul style="list-style-type: none"> • Ar exterior poluído • Pólen, pó, esporos • Emissões industriais • Veículos e outros engenhos de combustão 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipamentos de AVAC • Bolor nos tabuleiros, condutas e humidificadores • Ventilação inadequada de produtos de combustão • Poeiras e detritos nas condutas 	<ul style="list-style-type: none"> • Componentes • Bolor em materiais contendo ou danificados pela água • Materiais que contêm COV ou amianto • Materiais que produzem partículas finas 	<ul style="list-style-type: none"> • Material de laboratório • Áreas de impressão e fotocópias • Áreas de preparação de alimentos • Espaços para fumadores • Produtos de limpeza • Emissões do lixo • Odores/ COV de pinturas • Ocupantes com doenças transmissíveis • Pesticidas • Produtos de higiene pessoal • Etc.
<ul style="list-style-type: none"> • Fontes próximas • Cais de carga • Odores de depósitos de lixo 	<ul style="list-style-type: none"> • Outros • Emissões do equipamento de escritório (COV, O₃) • Emissões dos equipamentos de laboratório e limpeza 	<ul style="list-style-type: none"> • Mobiliário • emissões de mobiliário ou pavimentos novos • crescimento de bolor em mobiliário danificado pela água 	
<ul style="list-style-type: none"> • Fontes subterrâneas • Radão • Pesticidas • Etc. 			

Adaptado (United States Environmental Protection Agency (EPA), 2009)

Os efeitos da poluição do ar interior na saúde podem ser imediatos / a curto-prazo (como irritação dos olhos, nariz e garganta; cefaleias; tonturas; fadiga) e geralmente ocorrem durante períodos curtos de tempo e são tratáveis. Adicionalmente, a poluição do ar interior pode provocar efeitos a longo-prazo (que ocorrem anos após a exposição ou apenas após a exposição prolongada), nomeadamente doenças respiratórias, cardiovasculares e até cancro.

Tabela 2.4: Alguns dos potenciais efeitos na saúde de poluentes do ar interior:

Poluente	Potenciais efeitos na saúde
Tabaco, CO, NO _x e outros gases, químicos orgânicos, pesticidas, CH ₂ O.	Cefaleias, fadiga, tosse, irritação respiratória, bronquite, pneumonia, enfisema, cancro do pulmão, doenças cardiovasculares, irritação de olhos, nariz e garganta, náuseas, congestão nasal, irritação da pele, confusão e alterações mentais, asma, perda de coordenação, danos no fígado, rim e sistema nervoso central, alergias.
Partículas respiráveis, asbestos	Irritação olhos, nariz e garganta, aumento da suscetibilidade a infeções respiratórias, bronquite, cancro do pulmão, mesotelioma.
Radão	Cancro do pulmão.
Chumbo	Distúrbios sistema nervoso, dano renal, atraso do crescimento.
Organismos orgânicos e outros poluentes orgânicos (bolores, pólenes, etc.).	Tosse, rinite, asma, irritação dos olhos, nariz e garganta, doenças infecciosas, fadiga, pneumonia de hipersensibilidade.

Adaptado (Žuškin *et al.*, 2009)

2.1.5 A Síndrome do Edifício Doente e a Doença Relacionada com o Edifício

A **SED** descreve locais de trabalho com má ventilação onde há um número acima do esperado de utilizadores que relatam sintomas de fadiga, cefaleias, irritação de olhos, nariz ou da pele, dor de garganta e tosse e em que estes sintomas ocorrem enquanto estão no edifício e melhoram com o afastamento do edifício (Bernstein *et al.*, 2008).

O aumento da prevalência desta síndrome é multifatorial e contribuem fatores relacionados com os indivíduos (sexo feminino; menor grau na hierarquia do edifício - trabalho servil); fatores relacionados com os edifícios (temperatura interior elevada, menor ventilação, ar condicionado, pouca manutenção do edifício, limpeza deficiente, danos por água) e ainda outros fatores como fumo de tabaco no ar e o maior uso de computadores (Burge, 2004).

A etiologia desta síndrome pode ser relacionada com múltiplos agentes (Joshi, 2008):

1. Contaminantes químicos (de fontes exteriores que podem entrar nos edifícios - como poluentes emitidos por veículos motorizados, bio produtos, radão, asbestos, pó, tintas com chumbo, entre outros - e também de fontes interiores, sendo o contaminante mais comum os COV);
2. Contaminantes biológicos (pólen, bactérias, fungos, vírus, entre outros. Podem p. ex. existir em águas estagnadas que se acumula em humidificadores, canalização);

3. Ventilação inadequada (a redução da ventilação natural, associada ao mau funcionamento de equipamentos de aquecimento, ventilação e ar condicionado, aumentam a poluição do ar interior);
4. Radiação eletromagnética (televisões, computadores e micro-ondas emitem radiação eletromagnética que ioniza o ar circulante);
5. Fatores psicológicos (excesso de stress associado ao trabalho, más relações interpessoais e má comunicação estão muitas vezes associadas à SED);
6. Má iluminação (com ausência de luz natural), má acústica, má ergonomia e alterações na humidade também contribuem para esta síndrome.

Apesar da definição de SED ser útil no contexto de estudos epidemiológicos, esta definição possui uma utilidade clínica limitada pois estes sintomas não são específicos e o seu diagnóstico é controverso devido à falta de biomarcadores objetivos (Bernstein *et al.*, 2008).

As DRE ocorrem como consequência direta de poluentes do ar interior e, assim, os sintomas têm uma causa conhecida. Estas doenças envolvem frequentemente a pele e o trato respiratório, o que é facilmente explicável pela relativa facilidade com que os contaminantes do ar interior entram em contacto com estes tecidos. Os agentes que causam estas doenças atuam geralmente por um dos seguintes mecanismos: imunológico, infeccioso, tóxico ou irritante.

Alguns exemplos deste tipo de doenças são o desenvolvimento de problemas respiratórios, alergias cutâneas, pneumonia de hipersensibilidade, doença do Legionário, entre outras (Menzies & Bourdeau, 1997).

Em conclusão, refira-se que a má qualidade do ar interior assume um impacto significativo na sociedade atual. Por exemplo, um estudo europeu de 2012 afirma que 1 em cada 6 pessoas vive ou trabalha em edifícios com condições pouco saudáveis (Haverinen-shaughnessy, 2012). Adicionalmente, um relatório recente da Associação de Serviços de Engenharia dos Edifícios (BESA) declarou que cerca de 70% dos trabalhadores acreditam que a má qualidade do ar nos seus locais de trabalho influencia negativamente a sua produtividade e bem-estar diários e cerca de um terço dos trabalhadores expressaram preocupação que a má qualidade do ar possa ter um impacto negativo na sua saúde (Besa, 2016).

Capítulo III – Enquadramento legal

A irrefutabilidade dos efeitos nocivos dos poluentes atmosféricos na saúde, evidenciados pela ciência, ditaram a criação de um quadro normativo que fixasse as condições mínimas de QAI. Na sua *ratio*, este quadro normativo visa proteger um bem jurídico de feição coletiva, como é a saúde pública, mas abrange igualmente bens jurídicos de natureza individual, como a vida ou a integridade física.

Podemos afirmar que, de uma forma sistematizada, a política de QAI, a nível nacional, surge com a transposição para o direito interno da Diretiva n.º 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de dezembro de 2002, relativa ao desempenho energético dos edifícios, com a publicação do Decreto-Lei n.º 78/2006, de 4 de abril, que aprovou o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), do Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de abril, que aprovou o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), e do Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de abril, que aprovou o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) (Agência Portuguesa do Ambiente, 2019b).

Esta sistematização normativa foi aprimorada com a transposição para o direito nacional da Diretiva n.º 2010/31/EU, do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de maio de 2010. O Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, passou a regular o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o RECS. Determinou, ainda, no seu artigo 36.º que os membros do Governo responsáveis pelas áreas da energia, do ambiente, da saúde e da segurança social estabelecem por portaria: a) Os valores mínimos de caudal de ar novo por espaço, em função da ocupação, das características do próprio edifício e dos seus sistemas de climatização; b) Os limiares de proteção para as concentrações de poluentes do ar interior. Passou, também, a privilegiar a ventilação natural em detrimento dos equipamentos de ventilação mecânica, numa ótica de otimização de recursos, de eficiência energética e de redução de custos, conforme é referido no preâmbulo deste diploma. Estes desideratos foram concretizados com a Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro.

Em 2009, foi publicada uma Nota Técnica que estabelece a metodologia de auditorias à QAI (Nota Técnica NT-SCE-02, 2009) e em 2014 a Norma técnica que estabelece Valores-limites e índices biológicos de exposição profissional a agentes químicos.

Para a comparação das variáveis meteorológicas Temperatura (T°) e Humidade Relativa (Hr) foram utilizados como referência os valores estabelecidos pelo Regulamento Geral de Higiene e Segurança no Trabalho nos Estabelecimentos Comerciais, Escritórios e Serviços aprovado pelo Decreto-Lei n.º 243/86 de 20 de agosto.

Na tabela 3.5 são apresentadas as condições máximas de referência para os agentes químicos e físicos do ar interior em estudo, previstas na Portaria 353-A/2013, de 4 de dezembro e no Decreto-Lei n.º 243/86, de 20 de agosto.

Tabela 3.5: Valores limite dos parâmetros químicos e físicos em estudo

	Parâmetros	Concentração máxima de referência/valores de referência
Portaria 353-A/2013 de 4 de dezembro	Partículas em suspensão - PM_{10}	0,05 mg/m ³
	Partículas em suspensão - $PM_{2,5}$	0,025 mg/m ³
	Monóxido de carbono (CO)	9 ppm
	Dióxido de Carbono (CO ₂)	1250 ppm
	Compostos Orgânicos Voláteis (COV's)	0,6 mg/m ³
	Formaldeído (CH ₂ O)	0,08 ppm
DL n.º 243/86 de 20 de agosto	Temperatura	[18 a 22°C]
	Humidade Relativa	[50 a 70%]

Parte II

Investigação empírica

Capítulo IV – Material e métodos

4.1 Local do Estudo

Para a concretização deste estudo foram selecionados quatro laboratórios pertencentes a uma instituição de ensino superior (IES), todos localizados no mesmo campus, distribuídos por dois edifícios ligados entre si, designados por:

- Laboratório de Química;
- Laboratório de Microbiologia - Preparação de Meios (adiante designado por Lab. de Microbiologia I);
- Laboratório de Microbiologia - Lavagens e Esterilizações (adiante designado por Lab. de Microbiologia II);
- Laboratório de Solos.

4.2 Tipo de Estudo e universo

O estudo foi constituído por uma amostra do tipo não probabilística e com uma técnica de amostragem de conveniência. Como critério de inclusão foram considerados todos os espaços laboratoriais.

Foram avaliados quatro laboratórios, bem como 51 ocupantes (profissionais e estudantes) das referidas instalações que participaram no estudo.

O estudo foi do Tipo Observacional (analítico), de linha temporal, do tipo Transversal de Prevalência, e de nível II (Descritivo-Correlacional).

Sendo os espaços objeto de investigação ocupados por trabalhadores – docentes e não docentes – mas também por estudantes, neste estudo tivemos em consideração a legislação em matéria de proteção da saúde pública, uma vez que a concentração dos agentes químicos deve ser adequada a estas duas populações.

4.3 Duração e Período de Estudo

O estudo desenvolveu-se no ano letivo de 2018/2019 e o período de recolha de dados decorreu nos meses de março e abril.

4.4 Tipo, Técnica de Amostragem e Dimensão da Amostra

O tipo de amostragem foi não probabilístico, sendo a técnica de amostragem acidental ou por conveniência.

Os laboratórios avaliados, no que diz respeito à qualidade do ar interior, foram quatro, conforme se indicou no ponto 4.1. Foi ainda avaliado o espaço exterior, bem como 51 ocupantes destes laboratórios, participantes no estudo.

4.5 Metodologia e Instrumentos de Recolha de Dados

A recolha de dados foi constituída em três momentos. No primeiro, foram descritas as áreas a serem objeto de estudo. Para a caracterização estrutural dos laboratórios foi aplicada uma *checklist* (Anexo I) com as características gerais dos espaços em consideração. Num segundo momento procedemos à administração de um questionário (Anexo II) dirigido aos profissionais e estudantes que utilizavam os laboratórios em estudo. O terceiro momento, relativo à avaliação da qualidade do ar, recorrendo para tal à avaliação de poluentes atmosféricos (CO, CO₂, COV, PM_{2.5}, PM₁₀ e CH₂O) e de variáveis meteorológicas (T°, Hr) na estação da primavera, no período indicado em 4.3.

O questionário dividiu-se em três partes fundamentais: a primeira abordava a caracterização sociobiográfica dos trabalhadores; a segunda, destinava-se a obter dados sobre a sua condição de saúde, isto é, se existiam antecedentes de doença crónica e sintomas de doença respiratória e alérgica; a terceira parte propunha-se obter informações sobre hábitos tabágicos na família.

No que diz respeito ao segundo momento da investigação, as medições foram efetuadas num período de 30 minutos com amostragens de minuto a minuto, de acordo com o estabelecido pela Nota Técnica NT-SCE-02, 2009 (Agência para a Energia, 2009). As medições da QAI decorreram no período normal de funcionamento dos laboratórios, colocando-se os equipamentos na posição mais central possível de cada espaço avaliado e, aproximadamente, à altura das vias respiratórias dos ocupantes. Tendo como referência a Nota Técnica, a recolha das amostras foi realizada a uma altura de 1,0m do solo e a, pelo menos, 3,0m das paredes entre as 09:00 e as 17:30 (Nota Técnica NT-SCE-02, 2009). As medições de QAE decorreram no espaço exterior da instituição, à mesma altura a que foram

realizadas as medições de QAI, mas afastadas pelo menos 1,0 m das paredes exteriores dos laboratórios em estudo (Carvalho, Coelho, Ferreira, & Nunes, 2009).

Para proceder à recolha analítica dos parâmetros avaliados, utilizaram-se os equipamentos portáteis específicos de leitura em tempo real, nomeadamente, foram utilizados o analisador multigás, marca *Critical Environment Technologies*, modelo YES-AIR, número de série: YA1901K00947 para avaliação da concentração de CO, CO₂, COV, CH₂O e variáveis climáticas T ° Hr e o medidor *Dust Trak DRX TSI* modelo 8534, número de série 8534190207 para avaliar concentrações de PM_{2.5} e PM₁₀. Para a transferência de dados recolhidos entre os dispositivos de medição e o computador foi usado o *software* específico de cada um dos equipamentos utilizados. Foi considerado como referência para a concentração máxima de CO, 10,0 mg/m³ (9 ppm) para CO₂, 2250 mg / m³ (1250 ppm) para COV, 0,6 mg/m³ (600 ppb) para PM_{2.5}, 0,025 mg/m³ para PM₁₀, 0,05 mg/m³ e CH₂O, 0,01 mg/m³ (0,08 ppm), conforme mencionado na Portaria n.º 353-A/2013, de 4 de dezembro. De acordo com o Decreto-Lei nº 243/86, de 20 de agosto, as condições ambientais de conforto de referência para Tº devem variar entre 18 e 22°C, enquanto a Hr deve estar entre 50 e 70% (Portaria n.º 353-A/2013 de 4 de Dezembro).

O tratamento estatístico dos dados foi realizado com recurso ao *software Statistical Package for Social Sciences* (IBM SPSS) versão 26.0 for Windows.

Todos os dados recolhidos serviram para a realização de um estudo académico sem qualquer interesse económico ou comercial, mas apenas para fins curriculares e de avaliação. As medições e os questionários foram realizados com o consentimento escrito do responsável máximo pelo estabelecimento de ensino superior e dos participantes (profissionais e estudantes), após um esclarecimento prévio dos objetivos da investigação, preservando-se o anonimato e a confidencialidade dos dados recolhidos.

4.6 Estratégias para o Tratamento Estatístico dos Dados

Ao nível da inferência estatística recorreremos a modelos analíticos paramétricos e não paramétricos. A decisão pela escolha de modelos estatísticos paramétricos teve em referência um conjunto de pressupostos fundamentais, no que diz respeito à forma, e que passamos a descrever:

- a) No que diz respeito à *Assimetria* de uma distribuição de valores de uma variável de razão aplicou-se o *Coeficiente de Skewness* ajustado ao seu respetivo erro padrão;
- b) Para a avaliação do *Achatamento* de uma distribuição de valores de uma variável de razão aplicou-se o *Coeficiente de Curtose* ajustado ao seu respetivo erro padrão;

As estimativas obtidas nos coeficientes anteriores (*valores padrão de Z*) foram interpretados da seguinte forma:

No que diz respeito à *Assimetria*: se o resultado deste quociente se encontrasse dentro do intervalo de $[-1,96$ e $+1,96]$ poderíamos assumir que a variável de interesse revelaria uma distribuição tendencialmente simétrica. Se o resultado estimado for $>+1,96$ podemos afirmar que a distribuição da variável assumiria uma distribuição assimétrica positiva; caso o valor estimado fosse $<-1,96$ a distribuição de frequências da variável de razão era classificada com uma assimétrica negativa.

Quanto ao achatamento se o resultado desse coeficiente se encontrasse dentro do intervalo de $[-1,96$ e $+1,96]$ poderíamos assumir que a variável de interesse revelaria uma distribuição tendencialmente mesocúrtica (campanular). Porém, se os valores da variável do tipo razão forem $<-1,96$ a distribuição de frequências tenderia a ser do tipo Platicúrtica (mais achatada). Caso os valores dessa mesma distribuição de frequências fosse $>+1,96$ esta classificar-se-ia do tipo leptocúrtica.

Na avaliação da *Distribuição Normal* de uma variável do tipo razão tivemos em conta os testes não paramétricos *Kolmogorov-Smirnov* (com o fator de correção de *Lilliefors*) e *Shapiro-Wilk* em função do tamanho das amostras em estudo. Privilegiou-se a aplicação do primeiro teste não paramétrico quando estávamos perante 50 ou mais amostras (observações/medições). Também recorremos à análise gráfica de suporte aos testes que avaliaram a aderência à normalidade tais como os diagramas *Normal Q-Q Plot* e *Detrended Normal Q-Q Plot*

Também tivemos que testar a homogeneidade de variâncias para a aplicação de alguns modelos de análise estatística paramétrica. Para avaliar este mesmo pressuposto tivemos que recorrer ao teste *F de Levene*.

A decisão da aplicação de modelos analíticos paramétricos assumiu-se quando, de forma cumulativa, cumpriam os três primeiros pressupostos descritos anteriormente (simetria, achatamento e distribuição normal). Quando estas condições não estavam reunidas viemos a privilegiar a aplicação de modelos analíticos não paramétricos.

Passemos a descrever os modelos analíticos aplicados no tratamento de dados:

4.6.1 Estatística Descritiva

No sentido de apoiar a análise inferencial dos diferentes modelos aplicados recorreu-se a medidas estatísticas descritivas de *tendência central* tais como: média e mediana. Ao nível das medidas estatísticas de dispersão absoluta recorreu-se ao desvio padrão. Pontualmente aplicaram-se medidas estatísticas de tendência não central (quantis).

Ao nível da representação gráfica recorreu-se quer a diagramas de barras quer a diagramas de extremos e quartis.

Por fim, também realizamos análise bivariada com recurso a análises tabulares (tabelas de contingência) onde apresentámos análises de frequências absolutas e relativas.

4.6.2 Estatística Inferencial Univariada

- i. Quando realizamos uma comparação de médias entre duas amostras independentes aplicamos o teste *t-Student para Amostras Independentes*.
- ii. Na comparação de medianas entre duas amostras independentes aplicamos o teste *Wilcoxon-Mann-Whitney*.
- iii. Para a comparação de médias entre três ou mais amostras independentes aplicaram-se os testes *Análise da Variância* a um fator perante a homogeneidade de variâncias entre os três ou mais grupos. Na ausência deste pressuposto aplicou-se o teste *F de Welch* (teste robusto à igualdade de médias). Na presença de diferenças estatisticamente significativas privilegiou-se o teste de comparações múltiplas *Games-Howell*.
- iv. Para a comparação de medianas entre três ou mais amostras independentes aplicou-se o teste não paramétrico *Kruskal-Wallis*. Na presença de diferenças estatisticamente significativas aplicou-se o teste não paramétrico de comparações múltiplas *Dunn-Bonferroni* corrigido.
- v. Quando procuramos comparar uma determinada distribuição amostral com um parâmetro populacional (teórico) privilegiámos a aplicação do modelo estatístico *t-Student para a média populacional*.

4.6.3 Estatística Inferencial Bivariada

- i. Quando procuramos avaliar a relação entre duas variáveis qualitativas procurando testar a relação/associação entre elas aplicou-se o teste de *Qui-quadrado da Independência*.
- ii. Também na análise bivariada para variáveis qualitativas aplicou-se o teste *Qui-quadrado da Independência com a Correção Continuidade de Yates*.
- iii. Perante análises de frequências bivariadas qualitativas com matrizes do tipo quadrado (2×2) e na impossibilidade de se aplicar os testes anteriores privilegiámos o teste *Exato de Fisher*.
- iv. Aplicou-se como medida de risco a estatística de *Odds Ratio* (Razão dos Produtos Cruzados).

Para a aplicação do teste *Qui-quadrado da independência* tivemos que ter em conta os pressupostos fundamentais tais como: $N > 30$, que as classes apresentem frequências esperadas superiores a 1 ($Fe_{ij} > 1$) e que 80% das classes de frequências esperadas sejam iguais ou superiores a 5 ($Fe_{ij} \geq 5$). Para amostras inferiores a 60 privilegiou-se o teste *Qui-quadrado da Independência com a Correção Continuidade de Yates*.

Para a interpretação dos valores de OR assumiu-se os seguintes pontos de corte: OR =1 (valor nulo): dizemos que as frequências de doenças entre expostos e não expostos são iguais e, portanto, não existe associação; OR >1: frequência de doença é maior nos expostos em relação aos não expostos. Valores desta grandeza sugerem que a exposição seja um fator de risco para a doença; OR com valores 0 e 1: frequência da doença é menor nos expostos em relação aos não expostos, sugere fator de proteção.

Para a interpretação estatística no que diz respeito à rejeição da H_0 assumiu-se como probabilidade de significância $p - value \leq 0,05$. Esta decisão foi dividida em três escalões de significância para melhor compreendermos quando estamos na presença de diferenças/associações estatisticamente significativas:

Para um valor de $p - value \leq 0,05$ assumiu-se que, para uma probabilidade inferior ou igual a 5%, que as diferenças/ associações eram estatisticamente significativas. Para valores de $p - value < 0,01$ assumiu-se que as diferenças/ associações eram significativamente elevadas. Para valores de $p - value < 0,001$ revelaram diferenças/ associações significativamente muito elevadas.

Capítulo V – Resultados

5.1 Avaliação do Material Particulado

5.1.1 Locais de Trabalho

Propusemos avaliar a distribuição dos parâmetros referentes ao material particulado em função dos locais avaliados. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.1: Estimativas médias de PM em função dos locais de trabalho

N = 360		Média	Desvio Padrão	Intervalo de Confiança a 95%		Teste
				LI	LS	K-W; gl; p
PM _{1.0}	Lab. de Química	0,115	0,396	0,074	0,156	102,616
	Lab. de Microbiologia I	0,035	0,030	0,031	0,038	3
	Lab. de Microbiologia II	0,028	0,031	0,025	0,031	<0,0001
	Lab. de Solos	0,015	0,008	0,014	0,016	
	Total	0,048	0,203	0,038	0,059	
PM _{2.5}	Lab. de Química	0,126	0,438	0,081	0,171	98,665
	Lab. de Microbiologia I	0,036	0,030	0,033	0,039	3
	Lab. de Microbiologia II	0,030	0,034	0,027	0,034	<0,0001
	Laboratório de Solos	0,016	0,008	0,015	0,017	
	Total	0,052	0,224	0,040	0,064	
PR	Lab. de Química	0,132	0,459	0,085	0,180	96,330
	Lab. de Microbiologia I	0,037	0,030	0,034	0,040	3
	Lab. de Microbiologia II	0,033	0,039	0,029	0,037	<0,0001
	Laboratório de Solos	0,018	0,009	0,017	0,019	
	Total	0,055	0,235	0,043	0,067	
PM ₁₀	Lab. de Química	0,153	0,515	0,100	0,207	83,143
	Lab. de Microbiologia I	0,045	0,031	0,042	0,049	3
	Lab. de Microbiologia II	0,047	0,069	0,040	0,054	<0,0001
	Laboratório de Solos	0,026	0,014	0,024	0,027	
	Total	0,068	0,265	0,054	0,082	

Legenda: LI: Limite Inferior; LS: Limite Superior; PM: Material Particulado; PR: Partículas Respiratórias

Segundo os resultados estimados anteriormente, verificamos que os locais de trabalho na unidade de ensino em estudo demonstraram diferenças médias estatisticamente significativas ($p < 0,05$).

Para avaliarmos as diferenças entre os locais para cada parâmetro recorreremos ao teste de comparações múltiplas *Dunn-Bonferroni* Corrigido.

Constatamos que o **Laboratório de Química** apresentou valores de PM_{1.0} significativamente superiores ao laboratório dos solos ($Z=6,903$; $p < 0,0001$) bem como ao laboratório de Microbiologia I ($Z=-2,895$; $p=0,023$). Também constatamos diferenças significativas entre o **Laboratório de Microbiologia I** face ao laboratório de Microbiologia II ($Z=5,150$; $p < 0,0001$). Por fim, constatou-se ainda valores médios

significativamente inferiores no **Laboratório dos Solos** comparativamente ao Laboratório de Microbiologia II ($Z=4,648$; $p<0,0001$), bem como o primeiro face ao Laboratório de Microbiologia I ($Z=9,798$; $p<0,0001$).

Quanto à variação das $PM_{2.5}$ o Laboratório de Solos apresentou significativamente valores inferiores do parâmetro, em referência face aos do Laboratório de Microbiologia II ($Z=4,753$; $p<0,0001$), Laboratório de Química ($Z=6,591$; $p<0,0001$) e o Laboratório de PM ($Z=9,691$; $p<0,0001$).

Também o Laboratório de Microbiologia II apresentou significativamente valores mais baixos face aos Laboratórios de Microbiologia I ($Z=4,938$; $p<0,0001$). Por fim, também o Laboratório de Química apresentou valores muito superiores de $PM_{2.5}$ face ao Laboratório de Microbiologia I ($Z=-3,100$; $p=0,012$).

Com recurso ao teste de comparações múltiplas (*Dunn-Bonferroni Corrigido*) constatamos que as partículas respiráveis foram sempre significativamente inferiores no Laboratório de Solos, comparativamente aos do Laboratório de Microbiologia II ($Z=4.748$; $p<0,0001$), Química ($Z=6.418$; $p<0,0001$) e de Microbiologia I ($Z=9.609$; $p<0,0001$).

Quanto ao Laboratório de Química, este apresentou valores de partículas respiráveis bastante superiores face ao Laboratório de Microbiologia I ($Z=-3,190$; $p=0,009$), face ao Laboratório de Microbiologia II. Por fim, também o Laboratório de Microbiologia I apresentou valores significativamente mais elevados face ao Laboratório de Microbiologia II ($Z=4,861$; $p<0,0001$).

Por fim, com recurso a um gráfico de barras 4, verificamos que também ao nível da PM_{10} o Laboratório de Química demonstrou valores de concentração significativamente superiores face aos laboratórios de Microbiologia I, Microbiologia II e de Solos. Este último laboratório revelou valores significativamente inferiores de PM_{10} comparativamente aos Laboratórios I e II de Microbiologia. Por fim, o Laboratório de Microbiologia II apresentou valores de concentração de PM_{10} significativamente superiores face ao Laboratório de Microbiologia I.

Quanto à variação das $PM_{2.5}$ verificamos que o Laboratório de Solos apresentou significativamente valores mais baixos do parâmetro, em referência com os Laboratórios de Microbiologia de II ($Z=4,753$; $p<0,0001$), com os Laboratórios de Química ($Z=6,591$; $p<0,0001$) e com o Laboratório de Microbiologia I ($Z=9,691$; $p<0,0001$).

Também o Laboratório de Microbiologia II apresentaram significativamente valores mais baixos face aos Laboratórios de Microbiologia I ($Z=4,938$; $p<0,0001$). Por fim, também o Laboratório de Química apresentou valores muito superiores de $PM_{2.5}$ face ao Laboratório de Microbiologia I ($Z=-3,100$; $p=0,012$). O gráfico seguinte permitirá compreender as diferenças.

Com recurso ao teste de comparações múltiplas (*Bonferroni Corrigido*) constatamos que as partículas respiráveis foram sempre significativamente inferiores no Laboratório de Solos, comparativamente aos Laboratórios de Microbiologia II ($Z=4.748$; $p<0,0001$), Laboratórios de Química ($Z=6.418$; $p<0,0001$) e de Microbiologia I ($Z=9.609$; $p<0,0001$). Também os Laboratórios de Microbiologia I apresentaram valores mais elevados de partículas respiráveis comparativamente aos Laboratórios de Microbiologia de II ($Z=4,861$; $p<0,0001$) e o primeiro valores significativamente mais baixos que os laboratórios de Química ($Z=-3,190$; $p=0,009$).

Por fim, como verificamos no gráfico 4, também constatamos o mesmo padrão de diferenças entre o Laboratório de Solos, comparativamente a todos os laboratórios (Laboratórios de Microbiologia II: $Z=4.547$; $p<0,0001$; Laboratórios de Química: $Z=5.698$; $p<0,0001$; Laboratórios de Microbiologia I: $Z=9.609$; $p<0,0001$). Por outro lado, os Laboratórios de Microbiologia I apresentaram valores de PM_{10} significativamente inferiores aos Laboratórios de Microbiologia II ($Z=4,456$; $p<0,0001$) e de Química ($Z=-3,305$; $p=0,006$).

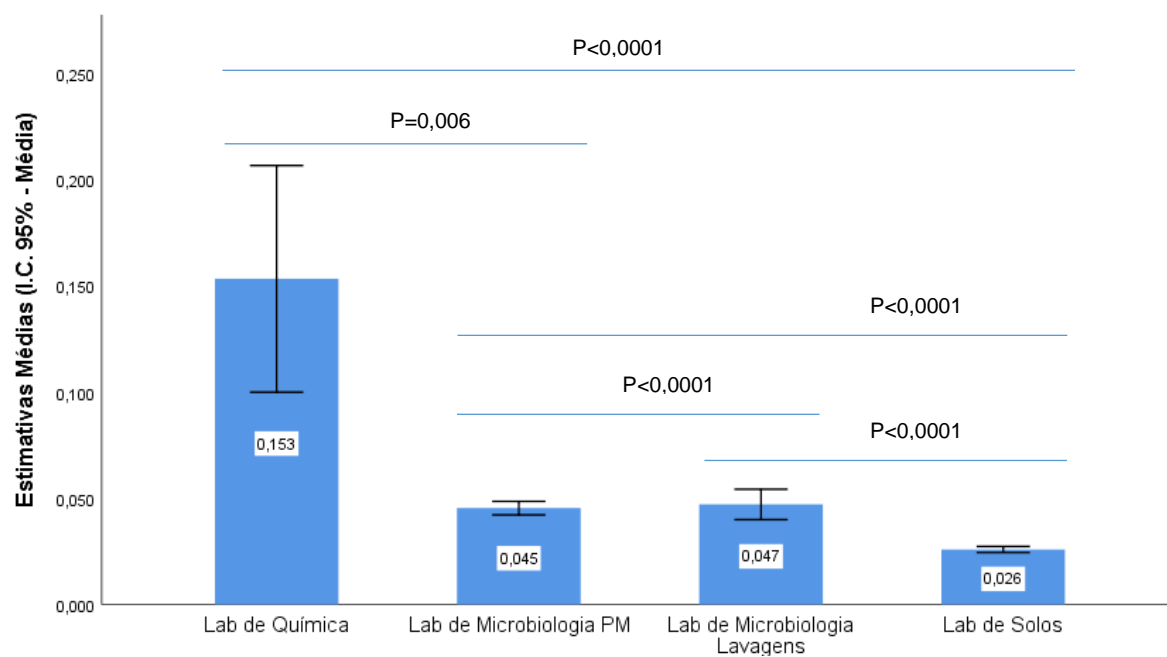


Gráfico 5.1: Estimativas médias de PM_{10} por local de trabalho
 Legenda: Lab. de Microbiologia PM (I); Lab. de Microbiologia Lavagens (II);

5.1.2 Período do dia

Propusemos avaliar também a variação das partículas atmosféricas em função dos diferentes períodos do dia. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.2: Estimativas médias de PM em função dos períodos do dia

		Média	Desvio Padrão	Intervalo de Confiança a 95%		Teste
				LI	LS	K-W; gl; p
PM _{1.0}	Início da manhã	0,019	0,008	0,018	0,020	19,778
	Meio-dia	0,100	0,344	0,069	0,131	2
	Final da tarde	0,024	0,024	0,022	0,026	<0,0001
	Total	0,048	0,202	0,037	0,058	
PM _{2.5}	Início da manhã	0,020	0,008	0,020	0,021	22,066
	Meio-dia	0,109	0,381	0,075	0,143	2
	Final da tarde	0,025	0,024	0,023	0,027	<0,0001
	Total	0,052	0,224	0,040	0,063	
PR	Início da manhã	0,023	0,009	0,022	0,023	29,315
	Meio-dia	0,115	0,399	0,079	0,150	2
	Final da tarde	0,026	0,024	0,024	0,028	<0,0001
	Total	0,055	0,235	0,042	0,067	
PM ₁₀	Início da manhã	0,035	0,016	0,033	0,036	49,407
	Meio-dia	0,135	0,450	0,095	0,175	2
	Final da tarde	0,032	0,024	0,030	0,035	<0,0001
	Total	0,068	0,264	0,054	0,081	

Legenda: LI: Limite Inferior; LS: Limite Superior; PM: Material Particulado; PR: Partículas respiráveis; início da manhã: n=479; Meio-dia n=481; Final da Tarde n=480. Teste de Kruskal-Wallis.

Segundo os resultados apresentados no quadro anterior, viemos a constatar que os valores PM_{1.0}, PM_{2.5}, Partículas Respiráveis e PM₁₀ diferiram significativamente entre os diferentes períodos do dia.

Ao recorrermos ao teste de Comparações Múltiplas *Dunn-Bonferroni corrigido* constatámos que o período “meio-dia” expressou valores de poluentes atmosféricos significativamente superiores face ao “final da tarde” ($Z_{PM1}=3,830;p<0,0001$; $Z_{PM2.5}=3,793;p<0,0001$; $Z_{Resp}=3,703;p=0,001$; $Z_{PM10}=3,714;p=0,001$).

Também registamos valores mais elevados de poluentes atmosféricos no “período da tarde” comparativamente ao “início da manhã” ($Z_{PM1}=3,872;p<0,0001$; $Z_{PM2.5}=4,296;p<0,0001$; $Z_{Resp}=5,272;p<0,0001$) à exceção no material particulado 10 ($Z_{PM10}=7,025;p<0,0001$).

5.1.3 Avaliação dos espaços físicos quanto às condições das Janelas

Procuramos avaliar a variação dos poluentes nos vários espaços em estudo em função da presença de janelas nas diferentes condições classificadas (fechadas, abertas e entreabertas). Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.3: Estimativas médias de PM em função da disposição das janelas

		Média	Desvio Padrão	Intervalo de Confiança a 95%		Teste
				LI	LS	K-W; gl; p
PM _{1,0}	Fechadas ^(a)	0,056	0,224	0,043	0,069	90,209
	Abertas ^(b)	0,018	0,005	0,018	0,019	2
	Entreabertas ^(c)	0,013	0,003	0,012	0,013	<0,0001
	Total	0,047	0,201	0,037	0,058	
PM _{2,5}	Fechadas ^(a)	0,060	0,248	0,046	0,074	83,110
	Abertas ^(b)	0,020	0,006	0,019	0,021	2
	Entreabertas ^(c)	0,014	0,003	0,013	0,014	<0,0001
	Total	0,051	0,222	0,040	0,063	
PR	Fechadas ^(a)	0,064	0,260	0,049	0,078	87,773
	Abertas ^(b)	0,022	0,007	0,020	0,023	2
	Entreabertas ^(c)	0,015	0,004	0,014	0,015	<0,0001
	Total	0,054	0,233	0,042	0,066	
PM ₁₀	Fechadas ^(a)	0,078	0,293	0,061	0,095	119,182
	Abertas ^(b)	0,032	0,021	0,029	0,036	2
	Entreabertas ^(c)	0,019	0,005	0,018	0,020	<0,0001
	Total	0,067	0,262	0,053	0,080	

Legenda: LI: Limite Inferior; LS: Limite Superior; PM: Material Particulado; PR: Partículas respiráveis;
a) n=479; b) n=481; c) n=480. Teste de Kruskal-Wallis

Como observamos, registámos diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes poluentes consoante as condições em que as janelas se encontravam no momento de avaliação ($p < 0,05$). Ao aplicarmos o teste de *comparações múltiplas Dunn-Bonferroni corrigido*, verificamos que as janelas na condição “Entreabertas” detetaram-se valores mais baixos em todos os poluentes comparativamente aos espaços em que as janelas se encontravam fechadas ($Z_{PM1}=9,327; p < 0,0001$; $Z_{PM2,5}=8,981; p < 0,0001$; $Z_{Resp}=9,296; p < 0,0001$; $Z_{PM10}=5,049; p < 0,0001$) e abertas ($Z_{PM1}=6,940; p < 0,0001$; $Z_{PM2,5}=6,553; p < 0,0001$; $Z_{Resp}=6,414; p < 0,0001$; $Z_{PM10}=10,796; p < 0,0001$). Também constatamos que os locais onde as janelas se encontravam fechadas apresentaram valores bastante superiores, face aos locais com janelas abertas, no que concerne ao parâmetro PM₁₀ ($Z=2,811; p=0,015$).

5.1.4 Avaliação dos espaços físicos quanto às condições das Portas

Realizamos a mesma estratégia para avaliar a variação dos poluentes nos vários espaços em estudo em função das diferentes condições que se encontravam as portas (fechadas, abertas e entreabertas). Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.4: Estimativas médias de PM em função da disposição da porta

		Média	Desvio Padrão	Intervalo de Confiança a 95%		Teste
				LI	LS	K-W; gl; p
PM _{1.0}	Fechadas ^(a)	0,026	0,025	0,024	0,028	14,394
	Abertas ^(b)	0,217	0,542	0,137	0,296	2
	Entreabertas ^(c)	0,016	0,006	0,015	0,017	0,001
	Total	0,047	0,201	0,037	0,058	
PM _{2.5}	Fechadas ^(a)	0,028	0,027	0,026	0,029	11,001
	Abertas ^(b)	0,238	0,600	0,149	0,326	2
	Entreabertas ^(c)	0,018	0,006	0,017	0,018	0,004
	Total	0,051	0,222	0,040	0,063	
PR	Fechadas ^(a)	0,029	0,029	0,027	0,031	5,944
	Abertas ^(b)	0,248	0,630	0,156	0,341	2
	Entreabertas ^(c)	0,020	0,008	0,019	0,021	0,051
	Total	0,054	0,233	0,042	0,066	
PM ₁₀	Fechadas ^(a)	0,039	0,046	0,036	0,042	5,827
	Abertas ^(b)	0,279	0,708	0,175	0,383	2
	Entreabertas ^(c)	0,032	0,016	0,030	0,034	0,054
	Total	0,067	0,262	0,053	0,080	

Legenda: LI: Limite Inferior; LS: Limite Superior; PM: Material particulado; PR: Partículas respiráveis; (a) n=990; (b) n=180; (c) n=300. Teste de Kruskal-Wallis

Detetamos diferenças estatisticamente significativas de variação dos poluentes atmosféricos PM_{1.0} e PM_{2.5} em função da disposição da porta nos locais em estudo ($p < 0,05$). Com recurso ao teste de *comparações múltiplas Dunn-Bonferroni corrigido*, verificamos que os espaços em que avaliamos com a porta numa disposição entreaberta detetamos valores de PM₁₀ mais baixos de forma significativa comparativamente as restantes disposições ($Z_{\text{fechada}}=3,147; p=0,005$; $Z_{\text{aberta}}=3,476; p=0,002$). Perfil semelhante ocorreu ao nível da PM_{2.5} ($Z_{\text{fechada}}=2,829; p=0,014$; $Z_{\text{aberta}}=2,979; p=0,009$).

5.1.5 Avaliação do Ambiente Interior e Exterior

Procuramos avaliar a variação da matéria particulada, em geral, em função do local onde se realizaram as medições, quer no interior, quer no exterior aos espaços físicos. Vejamos o quadro seguinte

Quadro 5.5: Estimativas médias de PM em função da disposição do local

		Média	Desvio Padrão	Intervalo de Confiança a 95%		Teste
				LI	LS	Z; p
PM _{1,0}	Exterior ^(a)	0,020	0,021	0,018	0,022	-7,120
	Interior ^(b)	0,048	0,203	0,038	0,059	<0,0001
PM _{2,5}	Exterior ^(a)	0,042	0,182	0,034	0,051	-7,582
	Interior ^(b)	0,020	0,021	0,018	0,023	<0,0001
PR	Exterior ^(a)	0,052	0,224	0,040	0,064	-8,656
	Interior ^(b)	0,046	0,201	0,036	0,055	<0,0001
PM ₁₀	Exterior ^(a)	0,021	0,021	0,019	0,023	-11,536
	Interior ^(b)	0,055	0,235	0,043	0,067	<0,0001

Legenda: LI: Limite Inferior; LS: Limite Superior; PM: Material particulado;
PR: Partículas respiráveis; (a) n=360; (b) n=1440. Teste Wilcoxon-Mann-Whitney

Segundo os resultados apresentados, verificamos que ao nível das PM_{1,0} e PM₁₀ observaram-se valores significativamente superiores nos espaços interiores comparativamente aos registados no exterior dos espaços circundantes ($p < 0,05$). Em sentido contrário, nos espaços de laboratórios, no geral, apresentaram variações muito inferiores comparativamente às áreas exteriores aos mesmos ($p < 0,05$).

5.1.6 Avaliação do material particulado face aos limiares de proteção

5.1.6.1 Avaliação do Parâmetro PM_{10}

Procuramos avaliar a distribuição dos valores estimados de PM_{10} face ao limiar de proteção definido na legislação. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.6: Estimativa média de PM_{10} face ao limiar de proteção

	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Diferença Média	p
PM_{10}	1440	,06797	,264923	0,007	3,930	0,0179	0,010

Teste *t-Student*; Limiar de proteção = 0,05 mg/m³

Como constatamos, os valores analíticos recolhidos, em média, demonstraram estar acima do limiar de proteção ($PM_{10} > 0,05 \text{ mg/m}^3$) de forma significativa ($p < 0,05$).

Propusemos realizar a mesma estratégia de análise em função do período do dia. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.7: Estimativa média de PM_{10} face ao limiar de proteção por período do dia avaliado

Período do dia	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Diferença Média	p
Início da manhã	479	0,035	0,0164	0,011	0,104	-,0145	<0,0001
Meio-dia	481	0,135	0,4501	0,008	3,930	,0854	<0,0001
Final da tarde	480	0,032	0,0246	0,007	0,117	-,0172	<0,0001

Teste *t-Student*; Limiar de proteção = 0,05 mg/m³

Segundo os resultados acima apresentados verificamos que, em média, o período do dia que revelou estimativas de PM_{10} significativamente superiores ao permitido por lei foi no período do “*meio-dia*”. Neste período verificou-se um acréscimo médio face ao limiar de proteção de 0,085 mg/m³. Ao nível dos restantes momentos temporais verificamos, de forma significativa, que as concentrações médias de PM_{10} encontravam-se abaixo do limiar de proteção.

Propusemos ainda realizar a mesma análise, mas tendo em conta a recodificação dos valores de PM_{10} em “*Presença de risco*” e “*Ausência de risco*” e avaliar a frequência destas em função do período do dia. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.8: Tipo de risco (PM_{10}) por período do dia avaliado

Período do dia		PM_{10}		Total
		Presença de Risco	Ausência de Risco	
Início da manhã	n	80	399	479
	% linha	16,7%	83,3%	100,0%
	% coluna	25,8%	35,3%	33,3%
Meio-dia	n	121	360	481
	% linha	25,2%	74,8%	100,0%
	% coluna	39,0%	31,9%	33,4%
Final da tarde	n	109	371	480
	% linha	22,7%	77,3%	100,0%
	% coluna	35,2%	32,8%	33,3%
Total	n	310	1130	1440
	% linha	21,5%	78,5%	100,0%
	% coluna	100,0%	100,0%	100,0%

Teste de Qui-quadrado = 10,749; gl=2; p=0,005;

Segundo o quadro anterior constatamos diferenças estatisticamente significativas de tipo de risco que os locais em geral apresentavam em função do período do dia avaliado ($p < 0,05$). Verificamos que das 310 medições analíticas classificadas com “*Presença de Risco*” (21,5%), 39,0% destas ocorreram no período do “*meio-dia*” e 35,2% ao “*final da tarde*”. Estas estimativas prevalentes foram sempre superiores comparativamente às medições classificadas como “*ausência de risco*”.

À semelhança das estratégias anteriores, também procuramos avaliar os locais de trabalho face ao limite de proteção no que diz respeito às PM_{10} . Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.9: Estimativas médias de PM_{10} face ao limiar de proteção por local de estudo

Laboratório	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Diferença Média	p
Lab. de Química	360	0,153	0,515	0,007	3,930	0,103	<0,0001
Lab. de Microbiologia I	360	0,045	0,030	0,011	0,137	-,004	0,005
Lab. de Microbiologia II	360	0,047	0,069	0,010	0,528	-,002	0,432
Laboratório de Solos	360	0,025	0,013	0,008	0,072	-,024	<0,0001

Teste *t-Student*; Limiar de proteção = 0,05 mg/m³

Como constatamos, as medições de PM_{10} foram significativamente superiores, em média, ao limiar de proteção no espaço de trabalho identificado como “*Laboratório de*”

Química". Nos restantes espaços avaliados os valores foram inferiores ao valor estabelecido.

Procuramos de seguida compreender o comportamento dos valores de PM_{10} dos locais em estudo ajustados ao período do dia. Vejamos o gráfico seguinte:

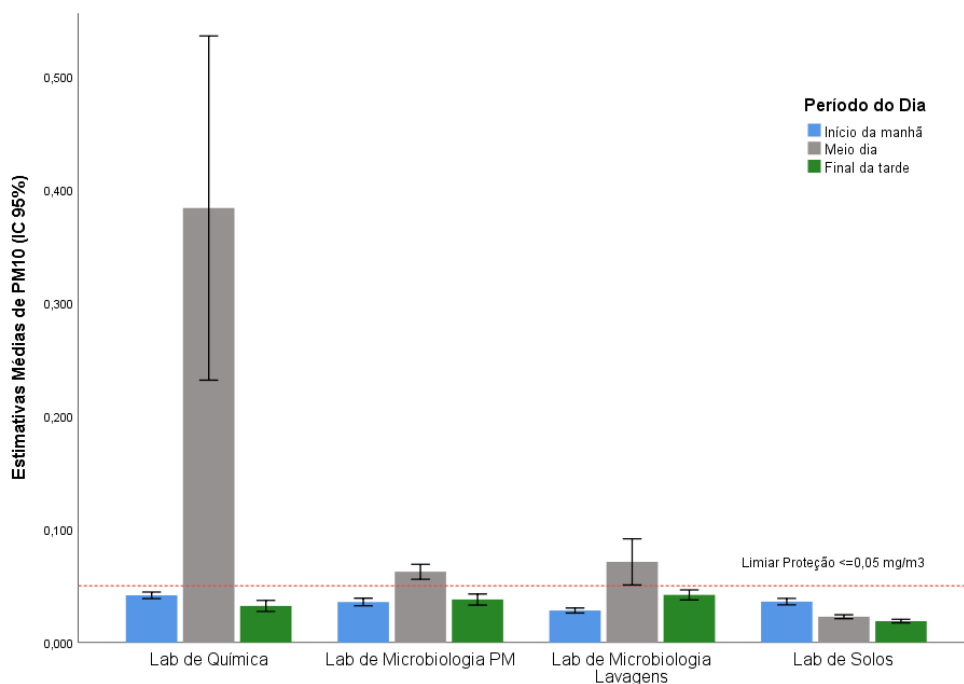


Gráfico 5.2: Distribuição de valores médios de PM_{10} por local de medição ajustado ao período do dia

Legenda: Lab. de Microbiologia PM (I); Lab. de Microbiologia Lavagens (II);

Segundo os resultados apresentados quer no gráfico anterior quer no quadro seguinte verificamos que o período do dia considerado mais crítico na maioria dos locais avaliados foi o período identificado como “Meio-dia”, onde os valores excederam de forma significativa os valores legalmente estabelecidos.

Quadro 5.10: Estimativas médias de PM₁₀ face ao limiar de proteção por período do dia avaliado em função do local

Laboratório		N	Média	Desvio Padrão	Mín.	Máx.	Diferença Média	p
Lab. de Química	Início da manhã	119	0,041	0,015	0,023	0,087	-0,0083	<0,0001
	Meio-dia	121	0,383	0,844	0,008	3,930	0,3335	<0,0001
	Final da tarde	120	0,032	0,026	0,007	0,117	-0,0177	<0,0001
Lab de Microbiologia I	Início da manhã	120	0,035	0,018	0,007	3,930	-0,0142	<0,0001
	Meio-dia	120	0,062	0,036	0,011	0,104	0,0124	<0,0001
	Final da tarde	120	0,037	0,027	0,023	0,137	-0,0120	<0,0001
Lab de Microbiologia II	Início da manhã	120	0,028	0,012	0,013	0,086	-0,0217	<0,0001
	Meio-dia	120	0,071	0,112	0,011	0,137	0,0211	0,042
	Final da tarde	120	0,042	0,024	0,014	0,058	-0,0079	0,001
Lab de Solos	Início da manhã	120	0,036	0,015	0,010	0,528	-0,0139	<0,0001
	Meio-dia	120	0,022	0,009	0,014	0,088	-0,0272	<0,0001
	Final da tarde	120	0,018	0,008	0,010	0,528	-0,0311	<0,0001

Teste *t-Student*; Limiar de proteção = 0,05 mg/m³

Tendo por base os pontos de corte com “*Ausência de Risco*” (PM₁₀ ≤ 0,05) e “*Presença de Risco*” (PM₁₀ > 0,05) pudemos classificar as várias avaliações segundo essas mesmas normas e ajustá-las em função do local e período do dia. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.11: Relação entre o tipo de risco (PM₁₀) por período do dia avaliado em função do local

Laboratório / Período do dia		PM ₁₀ - Classes						p
		Presença de Risco		Ausência de Risco		Total		
		n	%	n	%	n	%	
Lab. de Química	Início da manhã	30	33	89	33,1	119	33,1	0,994
	Meio-dia	31	34,1	90	33,5	121	33,6	
	Final da tarde	30	33	90	33,5	120	33,3	
	Total	91	25,3	269	74,7	360	100	
Lab. de Microbiologia I	Início da manhã	19	17,4	101	40,2	120	33,3	<0,0001
	Meio-dia	60	55	60	23,9	120	33,3	
	Final da tarde	30	27,5	90	35,9	120	33,3	
	Total	109	30,3	251	69,7	360	100	
Lab. de Microbiologia II	Início da manhã	4	4,9	116	41,7	120	33,2	<0,0001
	Meio-dia	30	33,6	90	32,4	120	33,3	
	Final da tarde	48	58,5	72	25,9	120	33,3	
	Total	82	22,8	278	77,2	360	100	
Lab. de Solos	Início da manhã	27	96,4	93	28	120	33,3	<0,0001
	Meio-dia	0	0	120	36,1	120	33,3	
	Final da tarde	1	3,6	119	35,8	120	33,3	
	Total	28	7,8	332	92,2	360	100	

Teste de Qui-quadrado da Independência

No que diz respeito ao Laboratório de Química não se registaram diferenças de número de ocorrências classificadas com ou sem risco nos diferentes períodos do dia ($p>0,05$). O mesmo não aconteceu ao nível dos laboratórios de Microbiologia I, Microbiologia II e de Solos ($p<0,05$).

No que diz respeito ao Laboratório de Microbiologia I, das 109 (30,3%) avaliações classificadas como risco para a saúde, 55% destas tinham ocorrido ao meio-dia. Perfil distinto ocorreu no Laboratório de Microbiologia II onde o período do dia mais crítico ocorreu ao final da tarde onde a maioria das avaliações ($n=82$) se concentraram nesta fase (58,5%). Por fim, no Laboratório de Solos, de um total de medições classificadas como risco para a saúde do trabalhador ($n=28$) 96,4% destas ocorreram no início da manhã.

5.1.1.2 Avaliação dos Parâmetros PM_{2.5}

À semelhança da estratégia realizada ao nível do parâmetro PM₁₀, também procuramos replicar a mesma metodologia no parâmetro PM_{2.5}. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.12: Estimativa média de PM_{2.5} face ao limiar de proteção

	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Diferença Média	p
PM _{2.5}	1440	0,052	0,224	0,005	3,330	0,027	<0,0001

Teste *t-Student*; Limiar de proteção = 0,025 mg/m³

De forma geral, constatamos que os valores analíticos recolhidos, em média, demonstraram estar acima do limiar de proteção (PM_{2.5}>0,025 mg/m³) de forma significativa (p<0,05).

Propusemos realizar a mesma estratégia de análise em função do período do dia. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.13: Estimativa média de PM_{2.5} face ao limiar de proteção por período do dia avaliado

Período	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Diferença Média	p
Início da manhã	479	0,020	0,008	0,007	0,068	-0,0042	<0,0001
Meio-dia	481	0,109	0,380	0,006	3,330	0,0844	<0,0001
Final da tarde	480	0,025	0,023	0,005	0,106	0,0007	0,475

Teste *t-Student*; Limiar de proteção = 0,025 mg/m³

Segundo os resultados apresentados no quadro anterior, verificamos, de forma significativa, que o momento do dia mais crítico foi o “*meio-dia*” onde as medições do referido poluente, em média, ultrapassaram bastante o que era recomendado por lei (p<0,05). Em sentido inverso ocorreu no “*início da manhã*” (p<0,05). Por fim, o “*final da tarde*” revelou um padrão de concentração semelhante ao limiar de proteção (p>0,05).

Procuramos de seguida verificar qual o momento do dia em que se realizaram as várias medições do parâmetro em estudo que revelaram maior número de condições de risco: “*Ausência de Risco*” (PM_{2.5} ≤0,025) e “*Presença de Risco*” (PM_{2.5} >0,025). Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.14: Tipo de risco (PM_{2.5}) por período do dia avaliado

		PM _{2.5} - Classes		Total
		Presença de Risco	Ausência de Risco	
Início da manhã	n	361	118	479
	% linha	75,4%	24,6%	100,0%
	% coluna	34,5%	29,9%	33,3%
Meio-dia	n	332	149	481
	% linha	69,0%	31,0%	100,0%
	% coluna	31,7%	37,8%	33,4%
Final da tarde	n	353	127	480
	% linha	73,5%	26,5%	100,0%
	% coluna	33,7%	32,2%	33,3%
Total	n	1046	394	1440
	% linha	72,6%	27,4%	100,0%

Teste de Qui-quadrado = 5,153; gl=2; p=0,076

Das 1440 medições realizadas ao poluente atmosférico PM_{2.5}, 72,6% revelaram estar acima do recomendado pela legislação em vigor.

Das 1046 medições consideradas de risco para o trabalhador 35% destas ocorriam no “início da manhã”. Perfil semelhante ao final do dia (34%). No entanto, não se registaram diferenças significativas de “presença/ausência de risco” para o ocupante em função do período do dia avaliado (p>0,05).

Procuramos de seguida compreender como os valores do poluente atmosférico se distribuíam, em média, nos diferentes locais estudados. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.15: Estimativas médias de PM_{2.5} face ao limiar de proteção por local de estudo

Laboratórios	N	Média	Desvio Padrão	Mín.	Máx.	Diferença Média	p
Lab de Química	360	0,125	0,438	0,005	3,330	0,100	<0,0001
Lab de Microbiologia I	360	0,035	0,030	0,008	0,127	0,010	0,005
Lab de Microbiologia II	360	0,030	0,034	0,007	0,208	0,005	0,004
Lab de Solos	360	0,016	0,007	0,006	0,037	-0,008	<0,0001

Teste *t-Student*; Limiar de proteção = 0,025 mg/m³

Segundo o quadro anterior, os locais que excederam, de forma significativa, o limiar de proteção para os ocupantes foram os Laboratórios de Química, Microbiologia I e Microbiologia de II (p<0,05).

Procuramos também explorar a variação média do poluente atmosférico PM_{2.5} nos vários locais avaliados em função dos três períodos do pré-definidos no nosso estudo. Vejamos o gráfico seguinte:

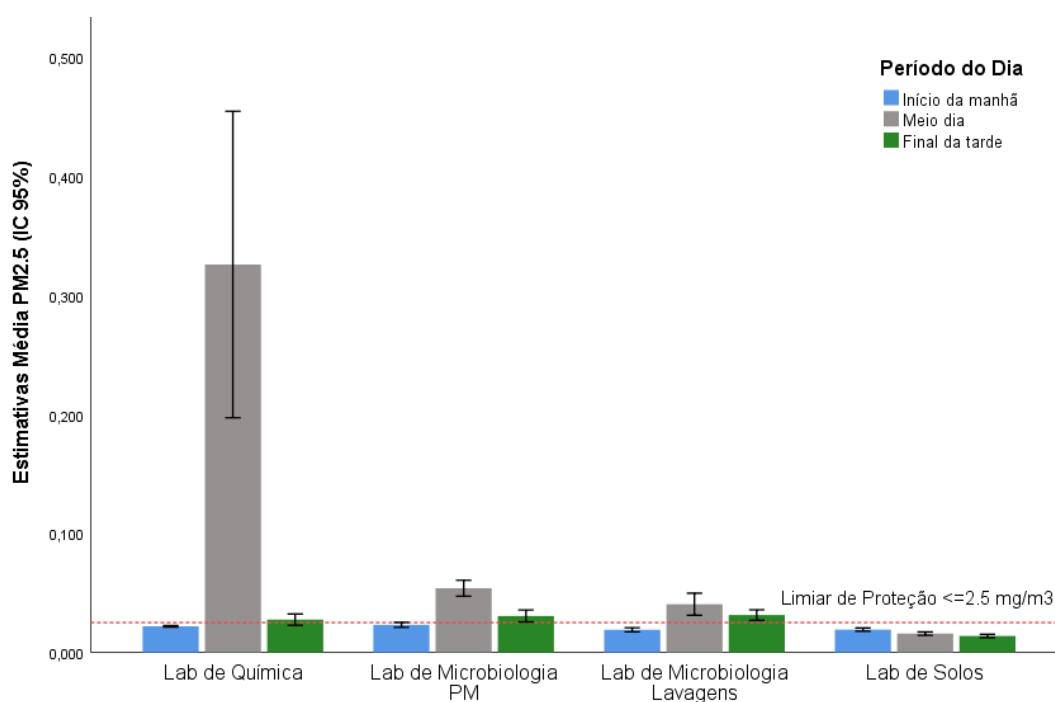


Gráfico 5.3: Distribuição de valores médios de PM_{2.5} por local de medição ajustado ao período do dia

Legenda: Lab. de Microbiologia PM (I); Lab. de Microbiologia Lavagens (II);

Como constatamos pelo gráfico anterior, os Laboratórios de Química, de Microbiologia I e II excederam o limiar de proteção segundo a legislação em vigor nos períodos do “meio-dia” e “final de tarde”.

Segundo o quadro seguinte, constatamos que, em média e de forma significativa, os períodos do dia com maior risco de exposição (acima do limiar de proteção) na maioria dos locais foi ao “meio-dia” e “final de tarde” ($p < 0,05$).

Quadro 5.16: Estimativas médias de PM_{2.5} face ao limiar de proteção por local de estudo em função do período do dia

Laboratório	Período	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Diferença Média	p
Lab de Química	Início da manhã	119	0,021	0,003	0,016	0,028	-0,003	<0,0001
	Meio-dia	121	0,326	0,716	0,006	3,330	0,301	<0,0001
	Final da tarde	120	0,027	0,026	0,005	0,106	0,002	0,301
Lab de Microbiologia I	Início da manhã	120	0,023	0,011	0,008	0,068	-0,001	0,071
	Meio-dia	120	0,053	0,036	0,016	0,127	0,028	<0,0001
	Final da tarde	120	0,030	0,027	0,010	0,081	0,005	0,029
Lab de Microbiologia II	Início da manhã	120	0,018	0,009	0,009	0,041	-0,006	<0,0001
	Meio-dia	120	0,040	0,051	0,007	0,208	0,015	0,001
	Final da tarde	120	0,031	0,024	0,012	0,077	0,006	0,006
Lab de Solos	Início da manhã	120	0,019	0,007	0,007	0,034	-0,005	<0,0001
	Meio-dia	120	0,015	0,007	0,006	0,031	-0,009	<0,0001
	Final da tarde	120	0,013	0,007	0,006	0,037	-0,011	<0,0001

Teste *t-Student*; Limiar de proteção = 0,025 mg/m³

Tendo por base a mesma estratégia realizada na avaliação do parâmetro PM₁₀, realizamos a mesma estratégia para o parâmetro PM_{2.5} na classificação das medições com presença ou ausência de risco em função do período do dia por local de trabalho. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.17: Relação entre o tipo de risco (PM_{2.5}) por período do dia avaliado em função do local

		Presença de Risco		PM _{2.5} - Classes Ausência de Risco		Total		p
		n	%	n	%	n	%	
Lab. de Química	Início da manhã	98	36,40	21	23,10	119	33,10	0,042
	Meio dia	89	33,10	32	35,20	121	33,60	
	Final da tarde	82	30,50	38	41,80	120	33,30	
	Total	269	74,70	91	25,30	360	100,00	
Lab. de Microbiologia I	Início da manhã	84	35,90	36	28,60	120	33,30	<0,0001
	Meio-dia	60	25,60	60	47,60	120	33,30	
	Final da tarde	90	38,50	30	23,80	120	33,30	
	Total	234	65,00	126	35,00	360	100,00	
Lab. de Microbiologia II	Início da manhã	89	34,90	31	29,50	120	33,30	0,085
	Meio-dia	90	35,30	30	28,60	120	33,30	
	Final da tarde	76	29,80	44	41,90	120	33,30	
	Total	255	70,80	105	29,20	360	100,00	
Lab. de Solos	Início da manhã	90	31,30	30	41,70	120	33,30	0,333
	Meio dia	93	32,30	27	37,50	120	33,30	
	Final da tarde	105	36,50	15	20,80	120	33,30	
	Total	288	80,00	72	20,00	360	100,00	

Segundo o quadro anterior, constatamos a presença de diferenças estatisticamente significativas de número de medições com ou sem presença de risco para o ocupante em função do período do dia ($p < 0,05$). Das 360 medições realizadas de PM_{2.5}, 75% destas tinham ultrapassado o limiar de proteção para o trabalhador. Face ao exposto, das 269 avaliações identificadas com “*presença de risco*”, 36,4% ocorreram no “*início da manhã*” e 33,1% ao “*meio-dia*”.

Também quanto ao Laboratório de Microbiologia I registaram-se diferenças significativas da distribuição de medições classificadas com ou sem presença de risco para os utilizadores ($p < 0,05$) consoante o período do dia em estudo. Das 234 (65%) medições classificadas como presença de risco, 39% destas ocorreu ao “*final da tarde*” e 36% ao “*meio-dia*”.

Perfil semelhante ocorreu no Laboratório de Solos. Das 288 (80%) avaliações de PM_{2.5} realizadas neste espaço físico apresentaram “*presença de risco*” para os utilizadores. A “*presença de risco*” de forma mais prevalente foi ao “*final da tarde*” (36,5%) e ao “*meio-dia*” (32,3%).

Por fim, apesar de não se observarem diferenças estatisticamente significativas de presença/ausência de risco para os trabalhadores no que diz respeito à exposição ao poluente $PM_{2.5}$ no Laboratório de Microbiologia II ($p>0,05$), 70,2% das medições classificadas com risco para o trabalhador estavam concentradas no “*início da manhã*” e “*meio-dia*”.

5.2 Avaliação dos poluentes atmosféricos gasosos

5.2.1 Poluentes Atmosféricos por Local

Nesta parte da tese propusemos compreender a distribuição dos valores estimados dos poluentes atmosféricos por local de medição. Vejamos a variação dos mesmos no quadro seguinte:

Quadro 5.18: Estimativas médias de Poluentes Atmosféricos

N = 360		Média	Desvio Padrão	Intervalo de Confiança a 95%		Teste
				LI	LS	Teste; gl; p
CO ₂	Laboratório de Química	584,79	108,50	573,54	596,03	54,221
	Laboratório de Microbiologia I	673,20	147,67	657,90	688,51	(3; 776,502)
	Laboratório de Microbiologia II	671,66	85,61	662,78	680,53	<0,0001
	Laboratório de Solos	626,43	156,11	610,25	642,61	
	Total	639,02	132,74	632,16	645,88	
CO	Laboratório de Química	0,225	0,323	0,191	0,258	72,340
	Laboratório de Microbiologia I	0,986	1,543	0,826	1,146	(3;729,782)
	Laboratório de Microbiologia II	0,830	0,901	0,737	0,923	<0,0001
	Laboratório de Solos	0,377	0,472	0,328	0,426	
	Total	0,605	0,988	0,553	0,656	
CH ₂ O	Laboratório de Química	0,006	0,018	0,004	0,008	42,603
	Laboratório de Microbiologia I	0,229	0,642	0,162	0,296	(3;622,872)
	Laboratório de Microbiologia II	0,056	0,141	0,042	0,071	<0,0001
	Laboratório de Solos	0,037	0,086	0,028	0,046	
	Total	0,082	0,342	0,064	0,100	
COV	Laboratório de Química	161,94	232,18	137,87	186,00	600,266
	Laboratório de Microbiologia I	1719,44	3516,80	1354,93	2083,95	3
	Laboratório de Microbiologia II	655,88	488,35	605,27	706,50	<0,0001
	Laboratório de Solos	113,77	152,23	97,99	129,55	
	Total	662,76	1892,55	564,93	760,59	

Legenda: LI: Limite Inferior; LS: Limite Superior; *Teste Welch e Kruskal-Wallis..*

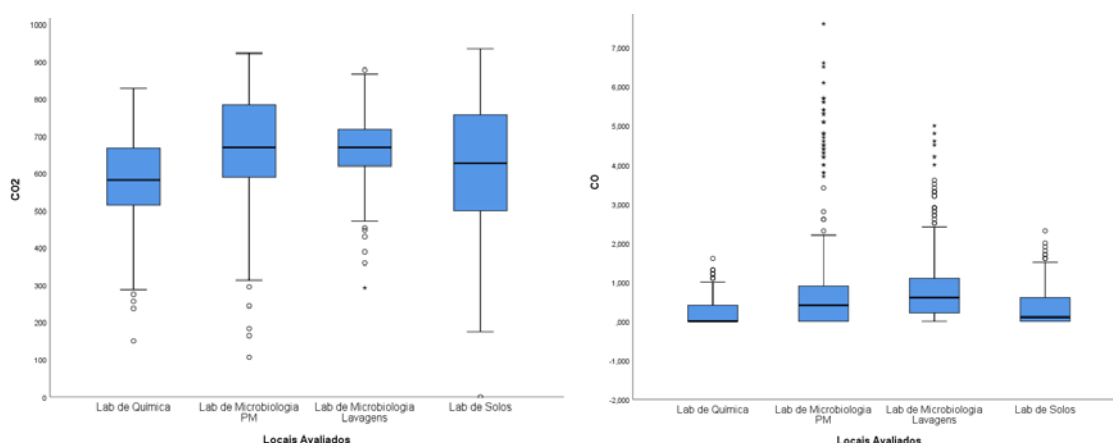
Segundo o quadro n.º 5.18, verificamos diferenças estatisticamente significativas de CO₂, CO, CH₂O e COV entre os diferentes locais de estudo ($p < 0,05$).

Com recurso ao teste de comparações múltiplas *Games-Howell* constatamos a presença de diferenças estatisticamente significativas entre o Laboratório de Química comparativamente Laboratório de Microbiologia I ($d_{\bar{x}} = -88,417; p < 0,0001$), Laboratório de Microbiologia II ($d_{\bar{x}} = -86,872; p < 0,0001$), e dos solos ($d_{\bar{x}} = -41,642; p < 0,0001$).

Também constatamos diferenças de CO₂ entre o Laboratório de Microbiologia I face ao Laboratório de Solos ($d_{\bar{x}} = 46,775; p < 0,0001$). O mesmo não aconteceu com o Laboratório de Microbiologia II ($d_{\bar{x}} = 1,544; p = 0,998$).

Por fim, também registamos diferenças médias de CO₂ entre o Laboratório de Microbiologia das II face ao Laboratório de Solos ($d_{\bar{x}} = 45,231; p < 0,0001$).

Os diagramas de extremos e quartis seguintes permitem caracterizar a distribuição de valores de CO₂ e CO entre os diferentes locais avaliados.



Gráficos n.ºs 5.4 e 5.5: Distribuição de frequências de CO₂ e de CO por local

Legenda: Lab. de Microbiologia PM (I); Lab. de Microbiologia Lavagens (II);

No que diz respeito aos valores de CO (Gráfico 5.5) e com recurso ao teste de comparações múltiplas *Games-Howell* também verificamos, de forma significativa, que o Laboratório de Química apresentou valores mais reduzidos deste parâmetro comparativamente Laboratório de Microbiologia I ($d_{\bar{x}} = -0,761; p < 0,0001$), Laboratório de Microbiologia II ($d_{\bar{x}} = -0,605; p < 0,0001$), e do laboratório dos solos ($d_{\bar{x}} = -0,152; p < 0,0001$).

Também constatamos que o Laboratório de Microbiologia I expressou valores médios mais elevados de CO face ao Laboratório de Solos ($d_{\bar{x}} = 0,609; p < 0,0001$). No entanto, não se registaram diferenças entre o primeiro com o Laboratório de Microbiologia II ($d_{\bar{x}} = 0,156; p = 0,347$). Por fim, também registamos diferenças médias de CO entre o Laboratório de Microbiologia II face ao Laboratório de Solos ($d_{\bar{x}} = 0,453; p < 0,0001$).

No que diz respeito do CH₂O e com recurso ao teste de comparações múltiplas *Games-Howell* o Laboratório de Química apresentou valores significativamente inferiores ao

Laboratório de Microbiologia I ($d_{\bar{x}} = -0,223; p < 0,0001$), Laboratório de Microbiologia II ($d_{\bar{x}} = -0,0504; p < 0,0001$), e também ao laboratório dos solos ($d_{\bar{x}} = -0,0308; p < 0,0001$).

Em sentido contrário o Laboratório de Microbiologia I apresentou significativamente valores mais elevados de CH_2O face ao Laboratório de Microbiologia II ($d_{\bar{x}} = 0,173; p = 0,347$) e também ao Laboratório de Solos ($d_{\bar{x}} = 0,192; p < 0,0001$).

Por fim, não registamos diferenças médias de CH_2O entre o Laboratório de Microbiologia II face ao Laboratório de Solos ($d_{\bar{x}} = 0,0195; p < 0,0001$).

Por último no que diz ao parâmetro VOC e com recurso ao teste de comparações múltiplas *Dunn-Bonferroni* Corrigido constatámos que o Laboratório de Solos apresentou valores deste parâmetro bastante inferiores comparativamente ao Laboratório de Microbiologia I ($Z = 16,573; p < 0,0001$) bem como ao Laboratório de Microbiologia II ($Z = 19,723; p < 0,0001$).

Também se registaram diferenças significativas de VOC entre o laboratório de Química comparativamente ao Laboratório de Microbiologia I ($Z = -14,515; p < 0,0001$) bem como ao de Microbiologia II ($Z = -17,665; p < 0,0001$). Por fim também se registaram diferenças significativas entre este último e o Laboratório de Microbiologia PM ($Z = -3,150; p = 0,010$).

O diagrama de extremos e quartis seguinte vem confirmar o comportamento das estimativas de COV entre os locais avaliados.

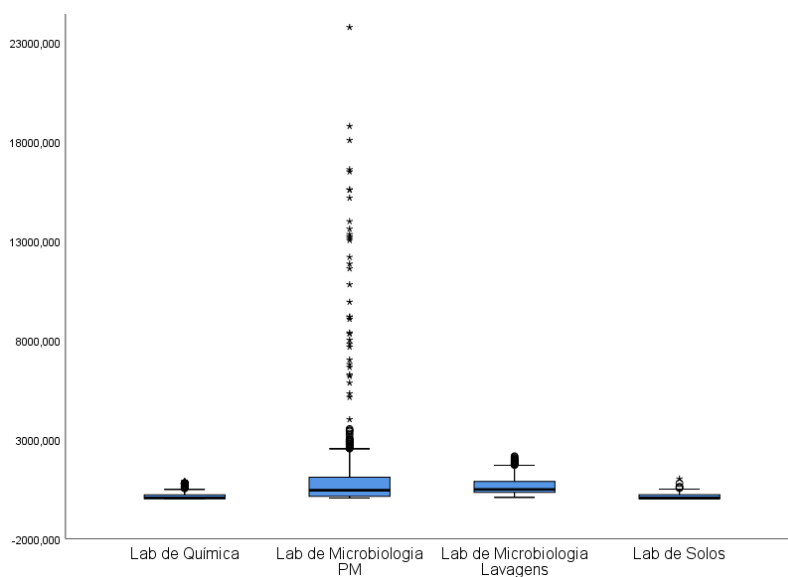


Gráfico n.º 5.6: Distribuição de frequências de COV por local
 Legenda: Lab. de Microbiologia PM (I); Lab. de Microbiologia Lavagens (II);

5.2.2 Poluentes Atmosféricos por Período do Dia

À semelhança da análise anterior procuramos avaliar a variação média dos vários poluentes atmosféricos em função do período do dia. Vejamos o quadro seguinte

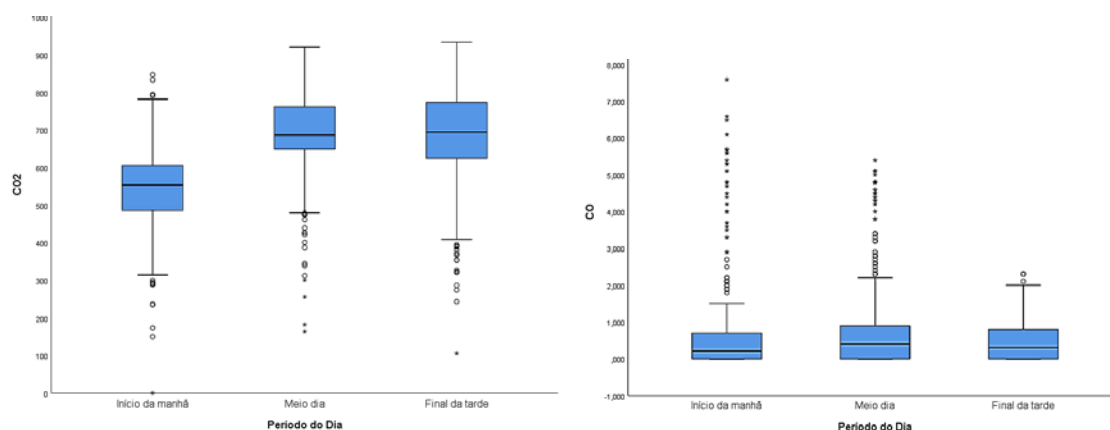
Quadro 5.19: Estimativas médias de Poluentes Atmosféricos

		Média	Desvio Padrão	Intervalo de Confiança a 95%		Teste
				LI	LS	Teste; gl; p
CO ₂	Início da manhã (n=479)	541,67	93,95	533,23	550,10	320,293
	Meio-dia (n=481)	693,06	113,32	682,91	703,22	(2; 941,166)
	Final da tarde (n=480)	682,01	130,37	670,32	693,70	<0,0001
	Total	639,02	132,74	632,16	645,88	
CO	Início da manhã	0,625	1,187	0,519	0,732	19,473
	Meio-dia	0,762	1,109	0,662	0,861	2
	Final da tarde	0,426	0,486	0,383	0,470	<0,0001
	Total	0,605	0,988	0,553	0,656	
CH ₂ O	Início da manhã	0,070	0,473	0,027	0,112	242,332
	Meio-dia	0,137	0,344	0,106	0,168	2
	Final da tarde	0,040	0,072	0,033	0,046	<0,0001
	Total	0,082	0,342	0,064	0,100	
COV	Início da manhã	407,99	1433,08	279,33	536,65	74,246
	Meio-dia	532,37	793,82	461,24	603,49	2
	Final da tarde	1047,66	2801,58	796,40	1298,93	<0,0001
	Total	662,76	1892,55	564,93	760,59	

Legenda: LI: Limite Inferior; LS: Limite Superior; Teste *Welch e Kruskal-Wallis*.

Segundo os resultados apresentados no quadro anterior podemos verificar que entre os diferentes momentos do dia os poluentes em estudo diferiram de forma significativa ($p < 0,05$).

Ao avaliarmos o poluente atmosférico CO₂, e com recurso ao teste de comparações múltiplas *Games-Howell* verificamos a presença de diferenças estatisticamente significativas entre “*Período da Manhã*” comparativamente ao “*Meio Dia*” ($d_{\bar{x}} = -151,396; p < 0,0001$), e também com o período de “*Final de Tarde*” ($d_{\bar{x}} = -140,340; p < 0,0001$). No entanto, não se registou uma diferença significativa entre o Período “*Meio da Manhã*” comparativamente ao período “*Final de Tarde*” ($d_{\bar{x}} = 11,056; p = 0,340$). Estes resultados podem ter como suporte de compreensão através do diagrama de extremos e quartis apresentado a seguir:



Gráficos n.º 5.7 e 5.8: Distribuição de frequências de CO₂ e CO por período do dia
 Legenda: Lab. de Microbiologia PM (I); Lab. de Microbiologia Lavagens (II);

No que diz respeito ao CO e tendo por base o teste de comparações múltiplas à posteriori *Dunn-Bonferroni Corrigido*, constatamos que o período do “meio-dia” apresentou valores de CO significativamente superiores face ao período da “manhã” ($Z = -4,112; p < 0,0001$) e face ao período da “tarde” ($Z = 3,440; p = 0,002$). Segundo o diagrama de extremos e quartis n.º 5.8 observamos o comportamento das avaliações de CO entre os diferentes períodos do dia avaliados.

No que diz respeito ao poluente CH₂O também registamos diferenças estatisticamente significativas, segundo o teste de comparações múltiplas à posteriori *Dunn-Bonferroni Corrigido*, onde constatamos que os valores do parâmetro em estudo foi significativamente superior ao “meio-dia” face ao “início da manhã” ($Z = -14,768; p < 0,0001$) como também ao “final da tarde” ($Z = -11,656; p < 0,0001$). Também verificamos que os valores de CH₂O foram superiores de forma significativa no período “início da manhã” comparativamente ao “final da tarde” ($Z = 3,108; p = 0,006$).

Por fim, no que diz respeito às COV e segundo o teste de comparações múltiplas à posteriori *Dunn-Bonferroni Corrigido*, os valores deste parâmetro foram superiores no período de “Final de tarde” comparativamente com o “período da manhã” ($Z = -6,706; p < 0,0001$). Também o período do “Meio-dia” foi significativamente superior face ao período da “Manhã” ($Z = -8,042; p < 0,0001$). No entanto não se registaram diferenças significativas entre o “Meio-dia” e o “Final de tarde” ($Z = 1,333; p = 0,548$). O diagrama de extremos e quartis seguinte permite compreender o comportamento das avaliações de COV entre os diferentes períodos do dia avaliados.

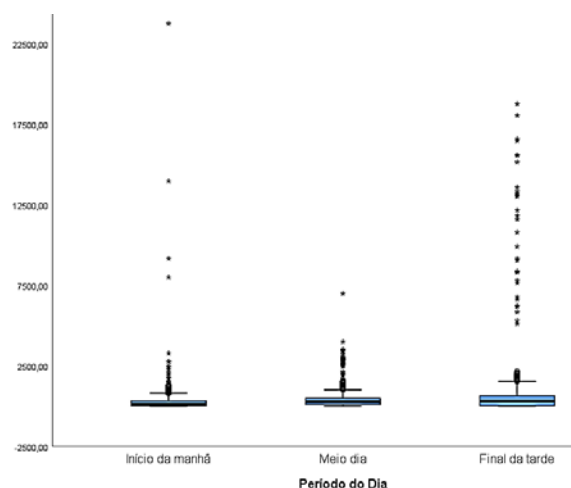


Gráfico n.º 5.9: Distribuição de frequências de COV por período do dia
 Legenda: Lab. de Microbiologia PM (I); Lab. de Microbiologia Lavagens (II);

5.2.3 Poluentes Atmosféricos por Disposição das Janelas

Propusemos avaliar o comportamento dos poluentes atmosféricos (CO_2 , CO, CH_2O e COV) em função dos locais fechados com diferentes disposições das janelas dos mesmos edifícios. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.20: estimativas médias de Poluentes Atmosféricos

		Média	Desvio Padrão	Intervalo de Confiança a 95%		Teste
				LI	LS	Teste; gl; p
CO ₂	Fechadas (n=1170)	638,98	133,65	631,32	646,65	5,264
	Abertas (n=90)	602,07	141,72	572,38	631,75	2; 189,452
	Entreabertas (n=180)	657,73	118,20	640,35	675,12	0,006
	Total (1440)	639,02	132,74	632,16	645,88	
CO	Fechadas (n=1170)	0,544	0,818	0,497	0,591	54,267
	Abertas (n=90)	0,175	0,254	0,122	0,228	2
	Entreabertas (n=180)	1,212	1,720	0,959	1,465	<0,0001
	Total	0,605	0,988	0,553	0,656	
CH ₂ O	Fechadas (n=1170)	0,069	0,233	0,0563	0,083	80,924
	Abertas (n=90)	0,006	0,013	0,0031	0,008	2
	Entreabertas (n=180)	0,204	0,755	0,0935	0,315	<0,0001
	Total	0,082	0,342	0,0649	0,100	
COV	Fechadas (n=1170)	686,29	1898,49	577,39	795,18	179,308
	Abertas (n=90)	20,55	44,32	11,27	29,83	2
	Entreabertas (n=180)	830,94	2239,42	501,56	1160,32	<0,0001
	Total	662,76	1892,55	564,93	760,59	

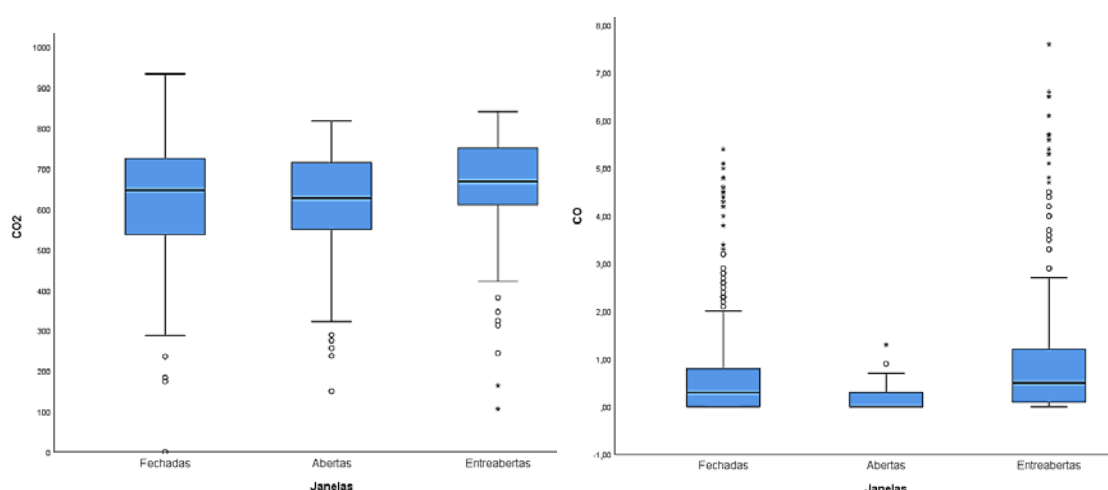
Legenda: LI: Limite Inferior; LS: Limite Superior; *Teste Welch e Kruskal-Wallis*.

Segundo os resultados apresentados verificamos que os valores de CO_2 revelaram-se diferentes em função das disposições de janelas ($p < 0,05$). Com recurso ao teste de

comparações múltiplas à posteriori *Games-Howell*, os valores de CO₂ foram significativamente superiores nos espaços em que tinham as janelas fechadas quando comparado com os momentos de avaliação em que as mesmas estiveram abertas ($d_{\bar{x}} = 36,915; p = 0,049$). Não se registaram diferenças significativas entre os espaços que tinham as janelas fechadas face aos mesmos locais quando as janelas se encontravam entreabertas ($d_{\bar{x}} = -18,751; p = 0,128$). No entanto, os valores de CO₂ foram significativamente superiores em locais que tinham as janelas entreabertas comparativamente aos mesmos locais com as janelas abertas ($d_{\bar{x}} = -55,667; p = 0,005$).

Também registamos diferenças estatisticamente significativas de variação de CO por disposição das janelas ($p < 0,05$). Face ao exposto e com recurso ao teste de comparações múltiplas à posteriori *Dunn-Bonferroni Corrigido*, os espaços com janelas “abertas” apresentaram significativamente valores de CO mais reduzidos comparativamente aos locais com janelas fechadas ($Z = 4,907; p < 0,0001$) e também com as janelas “entreabertas” ($Z = -7,252; p < 0,0001$). Por fim, também detetámos diferenças estatisticamente significativas entre os locais com janelas fechadas comparativamente aos locais com janelas “entreabertas” onde na presença destas detetámos valores mais elevados comparativamente a espaços com janelas fechadas ($Z = -4,989; p < 0,0001$).

Vejamos os diagramas de extremos e quartis no que diz respeito à distribuição de CO₂ e CO por disposição das janelas nos locais avaliados:

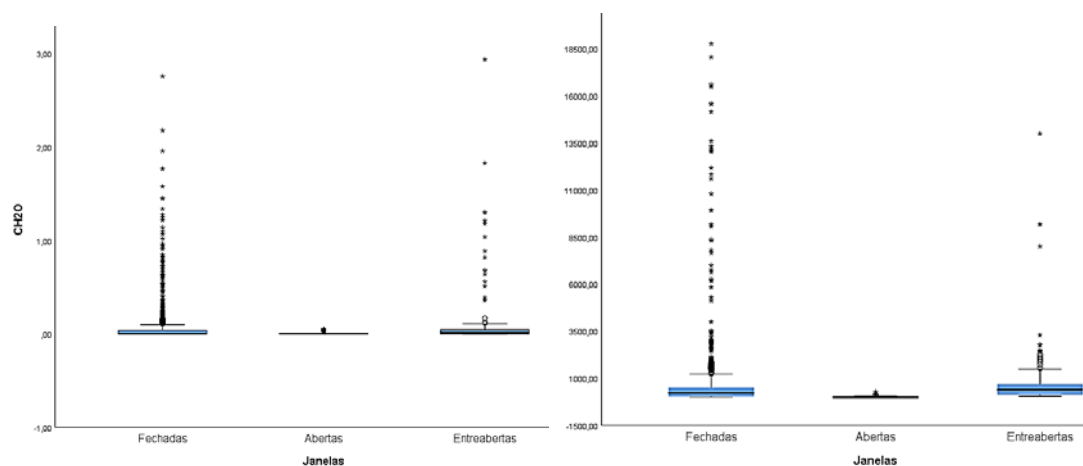


Gráficos n.ºs 5.10 e 5.11: Distribuição de frequências de CO₂ e CO por disposição das janelas

Como podemos verificar ao nível do CO_2 no diagrama n.º 5.10, os espaços com “janelas fechadas” apresentaram valores mais elevados deste poluente comparativamente a espaços com “janelas abertas” e entre esta com espaços com “janelas entreabertas”. Perfil semelhante ocorreu ao nível do poluente CO.

Ao nível do CH_2O e à semelhança dos poluentes anteriores registamos diferenças estatisticamente significativas de variação deste parâmetro por disposição das janelas ($p < 0,05$). Face ao exposto e com recurso ao teste de comparações múltiplas à posteriori *Dunn-Bonferroni Corrigido*, os espaços com janelas “abertas” apresentaram significativamente valores de CH_2O mais reduzidos comparativamente aos locais com janelas fechadas ($Z = 2,866; p = 0,012$) e também com as janelas “entreabertas” ($Z = -7,518; p < 0,0001$). Também detetámos diferenças estatisticamente significativas entre os locais com janelas fechadas comparativamente aos

locais com janelas “entreabertas” ($Z = -8,206; p < 0,0001$). Por último, ao nível das COV, também se registou diferenças significativas deste parâmetro em função da disposição das janelas dos espaços avaliados ($p < 0,05$). Com recurso ao teste de comparações múltiplas à posteriori *Dunn-Bonferroni Corrigido*, os espaços com janelas “abertas” apresentaram significativamente valores de COV mais reduzidos comparativamente aos locais com janelas fechadas ($Z = 11,831; p < 0,0001$) e também com a presença de janelas “entreabertas” ($Z = -13,180; p < 0,0001$). Por fim, também detetamos diferenças estatisticamente significativas entre os locais com janelas fechadas comparativamente a locais com janelas “entreabertas”, isto é, os locais com janelas entreabertas apresentaram valores mais elevados de COV comparativamente aos locais de janelas fechadas ($Z = -5,087; p < 0,0001$).



Gráficos n.º 5.12 e 5.13: Distribuição de frequências de CH₂O e COV por disposição de janelas

Os diagramas anteriores permitem-nos compreender que os valores quer de CH₂O quer de COV foram sempre inferiores em espaços com janelas abertas face aos espaços com janelas fechadas ou entreabertas.

5.2.4 Poluentes Atmosféricos por Disposição das Portas

Para compreendermos como se comportavam os valores médios dos poluentes atmosféricos nos diferentes laboratórios em estudo tendo em atenção a disposição das portas. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.21: Estimativas médias de Poluentes Atmosféricos

		Média	Desvio Padrão	Intervalo de Confiança a 95%		Teste
				LI	LS	Teste; gl _(1;2) p
CO ₂	Fechadas (n=960)	637,74	128,03	629,63	645,85	1,082
	Abertas (n=180)	630,02	132,14	610,59	649,46	2; 398,747
	Entreabertas (n=300)	648,52	147,07	631,81	665,23	0,340
	Total (1440)	639,02	132,74	632,16	645,88	
CO	Fechadas (n=960)	0,509	0,908	0,451	0,566	42,358
	Abertas (n=180)	1,170	1,641	0,929	1,412	2
	Entreabertas (n=300)	0,572	0,464	0,519	0,624	<0,0001
	Total	0,605	0,988	0,553	0,656	
CH ₂ O	Fechadas (n=960)	0,076	0,348	0,054	0,098	11,782
	Abertas (n=180)	0,200	0,522	0,123	0,277	2
	Entreabertas (n=300)	0,032	0,052	0,026	0,037	0,003
	Total	0,082	0,342	0,064	0,100	
COV	Fechadas (n=960)	395,77	1061,68	328,52	463,01	88,169
	Abertas (n=180)	652,61	1110,10	489,33	815,88	2
	Entreabertas (n=300)	1523,23	3451,53	1131,07	1915,39	<0,0001
	Total	662,76	1892,55	564,93	760,59	

Legenda: LI: Limite Inferior; LS: Limite Superior; Teste Welch e Kruskal-Wallis.

Como observamos, os valores de CO₂ não se diferenciaram de forma significativa em função dos espaços terem as portas abertas comparativamente aos momentos em que as mesmas pudessem se encontrar fechadas ou entreabertas ($p > 0,05$).

O gráfico seguinte apresenta a distribuição de frequências das medições de CO₂ por disposição das portas nos edifícios em geral:

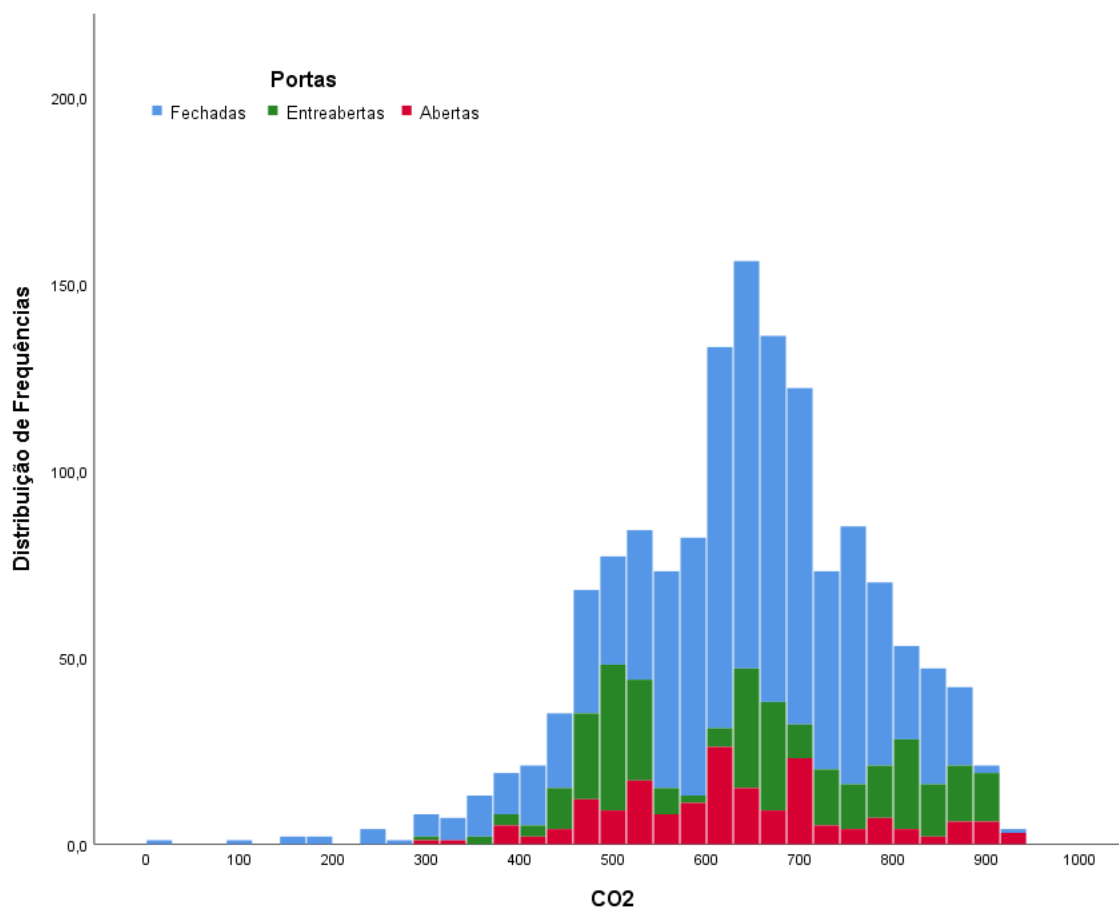


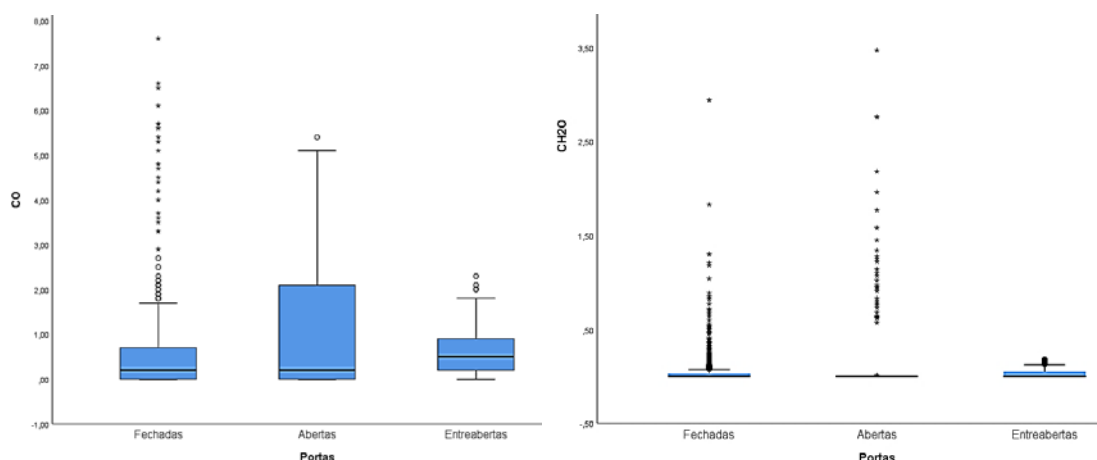
Gráfico 5.14: Distribuição de frequências de CO₂ em função da disposição das portas dos locais avaliados

Pudemos também constatar que os valores de CO se distribuíram de forma diferenciada nos espaços físicos do interior em função da disposição das portas ($p < 0,05$).

Como observamos no diagrama de extremos e quartis (Gráfico 5.15), os valores de CO distribuíram-se de forma diferenciada entre os espaços que tinham as portas abertas comparativamente aos locais com portas fechadas ($Z = -2,518$; $p = 0,035$) bem como entre os locais com portas fechadas face aos locais com portas entreabertas ($Z = -6,376$; $p < 0,0001$).

No que diz respeito ao poluente CH₂O também se registaram diferenças nos interiores dos espaços avaliados perante as diferentes disposições das portas abertas, fechadas ou entreabertas ($p < 0,05$). Segundo o teste de comparações múltiplas corrigido Dunn-Bonferroni corrigido, verificamos que os espaços quando tinham as portas “abertas” revelaram, significativamente valores mais elevados de CH₂O face aos locais com as portas entreabertas ($Z = -2,879$; $p = 0,012$) e com as portas fechadas ($Z = 3,375$; $p = 0,002$).

O gráfico n.º 5.16 permite compreender as distribuições das medições de CH₂O em função da disposição das portas dos locais avaliados.



Gráficos n.º 5.15 e 5.16: Distribuição de frequências de CO e CH₂O por disposição das portas

No que diz respeito aos COV também se registaram diferenças significativas de variação em função dos locais com diferentes disposições das portas dos espaços avaliados ($p < 0,05$). Segundo o teste de comparações múltiplas *Dunn-Bonferroni* corrigido, constatamos que os locais que mantinham o seu espaço com portas entreabertas face aos espaços que mantinham as portas fechadas ($Z = -9,382; p < 0,0001$) ou espaços com portas abertas ($Z = -4,693; p < 0,0001$). O gráfico seguinte permite verificar a variação das COV em função da disposição das portas nos locais avaliados.

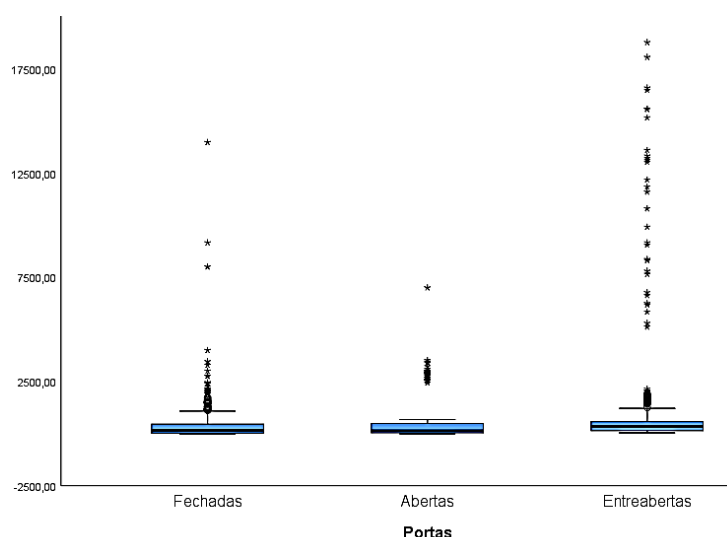


Gráfico n.º 5.17: Distribuição de frequências de COV por disposição das portas

5.2.5 Poluentes Atmosféricos em função do Interior versus Exterior

Por fim, procuramos avaliar a variação dos poluentes atmosféricos em função dos espaços avaliados (interior versus exterior). Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.22: Estimativas médias de Poluentes Atmosféricos

		Média	Desvio Padrão	Intervalo de Confiança a 95%		Teste
				LI	LS	Teste; gl; p
CO ₂	Exterior (n=360)	445,13	46,08	440,35	449,90	-45,529
	Interior (n=1440)	639,02	132,74	632,16	645,88	1636,390
	Total	600,24	143,30	593,62	606,86	<0,0001
CO	Exterior (n=360)	0,301	0,518	0,247	0,355	-6,477
	Interior (n=1440)	0,605	0,988	0,553	0,656	<0,0001
	Total	0,544	0,921	0,501	0,586	
CH ₂ O	Exterior (n=360)	0,002	0,032	-0,001	0,005	-12,529
	Interior (n=1440)	0,082	0,342	0,064	0,100	<0,0001
	Total	0,066	0,308	0,052	0,080	
COV	Exterior (n=360)	7,86	30,76	4,67	11,05	-24,205
	Interior (n=1440)	662,76	1892,55	564,93	760,59	<0,0001
	Total	531,78	1712,84	452,60	610,96	

Legenda: LI: Limite Inferior; LS: Limite Superior; Teste *t-Student* e *Wilcoxon-Mann-Whitney*

Como constatamos, todos os poluentes atmosféricos apresentaram valores significativamente superiores, em geral, nos espaços físicos do interior dos edifícios comparativamente ao exterior dos mesmos.

5.2.6 Avaliação dos poluentes atmosféricos gasosos face aos Limiares de Proteção

Durante o estudo do material particulado também pudemos avaliar a presença e sua distribuição de determinados poluentes atmosféricos gasosos nos locais previamente definidos no nosso estudo. Os parâmetros atmosféricos que serão apresentados nesta seção da tese serão o CO₂, CO, CH₂O e COV.

5.2.6.1 Avaliação dos Parâmetro CO₂

Propusemos compreender a distribuição, em geral, dos valores de CO₂ face ao referencial legal permitido em espaços/locais de trabalho. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.23: Estimativa média de CO₂ face ao limiar de proteção

	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Diferença Média	p
CO ₂	1440	639,02	132,745	0,001	934,0	-610,981	<0,0001

Teste *t-Student*; Limiar de proteção = 1250 ppm

Segundo os resultados apresentados no quadro anterior, verificamos que os valores estimados em geral não ultrapassaram o limiar de proteção definido na legislação atual, de forma significativa.

Perfil semelhante ocorreu quando avaliamos a distribuição dos valores de CO₂ em função do período do dia (Quadro 5.24).

Quadro 5.24: Estimativa média de CO₂ face ao limiar de proteção em função do período do dia

Período	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Diferença Média	p
Início da manhã	479	541,67	93,95	,007	0,068	-708,332	<0,0001
Meio-dia	481	693,06	113,32	,006	3,330	-556,936	<0,0001
Final da tarde	480	682,01	130,37	,005	0,106	-567,992	<0,0001

Teste *t-Student*; Limiar de proteção = 1250 ppm

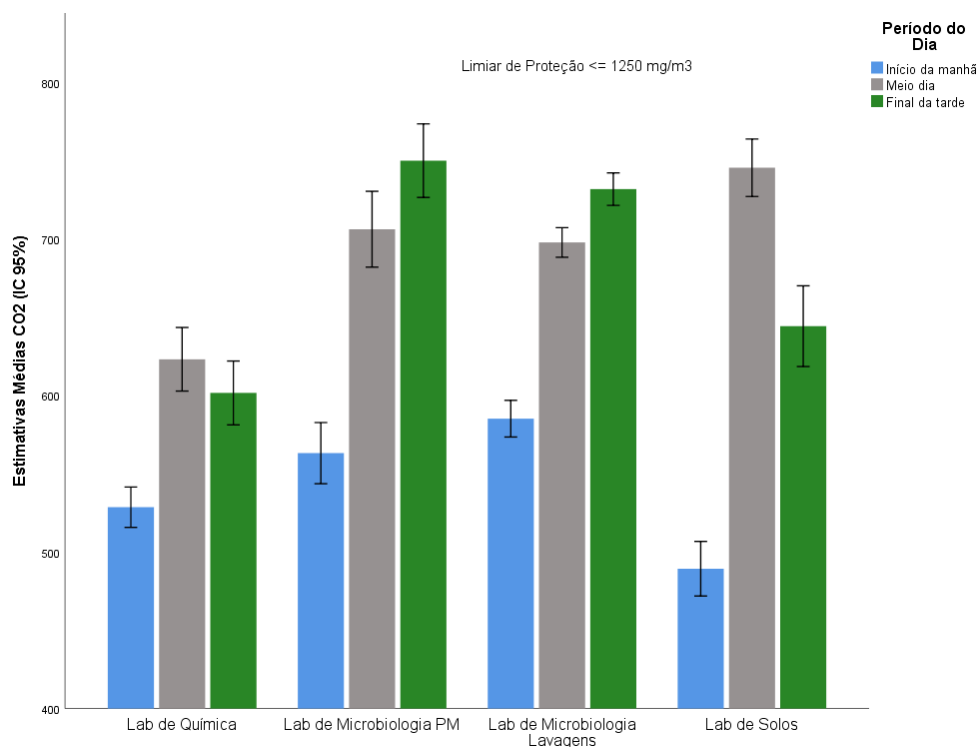
Tendo por base o quadro 5.24, também constatamos, de forma significativa ($p < 0.05$), que os valores de CO₂ foram sempre inferiores, em média, nos diferentes locais de trabalho que foram estudados face ao limiar de proteção ($\text{CO}_2 \leq 1250$ ppm).

Quadro 5.25: Estimativa média de CO₂ face ao limiar de proteção em função do local de estudo

Laboratório	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Diferença Média	p
Lab de Química	360	584,79	108,50	150	828	-665,21	<0,0001
Lab de Microbiologia I	360	673,20	147,67	106	922	-576,79	<0,0001
Lab de Microbiologia II	360	671,66	85,61	292	877	-578,34	<0,0001
Lab de Solos	360	626,43	156,11	0,001	934	-623,57	<0,0001

Teste *t-Student*; Limiar de proteção = 1250 ppm

Procuramos de seguida avaliar a distribuição dos valores de CO₂ por local avaliado em função do período do dia. Vejamos o gráfico seguinte:

**Gráfico 5.18:** Distribuição de valores médios de CO₂ por local de medição ajustado ao período do dia

Legenda: Lab. de Microbiologia PM (I); Lab. de Microbiologia Lavagens (II);

Segundo o gráfico anterior e quadro seguinte (n.º 5.26), as estimativas médias do poluente atmosférico CO₂ apresentaram-se, de forma significativa, inferiores ao limiar de proteção para os ocupantes dos diferentes espaços avaliados ao longo dos períodos do dia pré-definidos ($p < 0,05$).

Quadro 5.26: Estimativa média de CO₂ face ao limiar de proteção por local de estudo em função do período do dia

Período		N	Média	Desvio Padrão	Mín.	Máx.	Diferença Média	p
Lab de Química	Início da manhã	119	528,70	70,96	150	616	-721,30	<0,0001
	Meio dia	121	623,18	112,87	256	828	-626,81	<0,0001
	Final da tarde	120	601,69	112,89	275	817	-648,30	<0,0001
Lab de Microbiologia I	Início da manhã	120	563,24	107,98	295	848	-686,75	<0,0001
	Meio dia	120	706,27	134,04	164	922	-543,73	<0,0001
	Final da tarde	120	750,10	129,99	106	903	-499,90	<0,0001
Lab de Microbiologia II	Início da manhã	120	585,24	64,76	292	660	-664,75	<0,0001
	Meio dia	120	697,83	52,38	619	841	-552,16	<0,0001
	Final da tarde	120	731,90	57,39	659	877	-518,10	<0,0001
Lab de Solos	Início da manhã	120	489,38	96,41	0,001	672	-760,61	<0,0001
	Meio dia	120	745,56	101,48	388	874	-504,44	<0,0001
	Final da tarde	120	644,34	142,67	322	934	-605,65	<0,0001

Teste *t-Student*; Limiar de proteção = 1250 ppm

5.2.6.2 Avaliação do parâmetro CO

No que diz respeito ao parâmetro CO também avaliamos, no geral, as medições estimadas comparadas com o limiar de proteção fixado por lei. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.27: Estimativa média de CO face ao limiar de proteção

	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Diferença Média	p
CO	1440	0,605	0,988	0,0001	7,600	-8,3950	<0,0001

Teste *t-Student*, Limiar de proteção = 9 ppm

Constatamos que, de forma geral, a estimativa média de CO observado nas avaliações realizadas revelou estar significativamente abaixo do limiar de proteção ($p < 0,05$).

Propusemos de seguida realizar a mesma estratégia de análise em função do período do dia independentemente dos locais de trabalho avaliados. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.28: Estimativa média de CO face ao limiar de proteção em função do período do dia

Período do dia	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Diferença Média	p
Início da manhã	479	0,625	1,187	0,0001	7,600	-8,374	<0,0001
Meio-dia	481	0,762	1,109	0,001	5,400	-8,237	<0,0001
Final da tarde	480	0,426	0,486	0,0001	2,300	-8,573	<0,0001

Teste *t-Student*, Limiar de proteção = 9 ppm

À semelhança da análise anterior, verificamos que em qualquer período do dia, os valores estimados (médias) revelaram estar significativamente abaixo dos valores de referência ($p < 0,05$).

Também exploramos a mesma estratégia de análise por local de trabalho. Segundo o quadro 5.29, nenhum laboratório demonstrou níveis de CO superiores ao permitido legalmente.

Quadro 5.29: Estimativa média de CO face ao limiar de proteção em função do local de estudo

Laboratório	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Diferença Média	p
Lab de Química	360	0,225	0,323	0,0001	1,600	-8,774	<0,0001
Lab de Microbiologia I	360	0,986	1,543	0,0001	7,600	-8,013	<0,0001
Lab de Microbiologia II	360	0,830	0,901	0,0001	5,000	-8,169	<0,0001
Lab de Solos	360	0,377	0,472	0,0001	2,300	-8,622	<0,0001

Teste *t-Student*; Limiar de proteção = 9 ppm

Por fim, procuramos avaliar como se comportava a distribuição dos valores de CO em diferentes locais de trabalhos ajustados aos diferentes períodos do dia. Vejamos o gráfico seguinte:

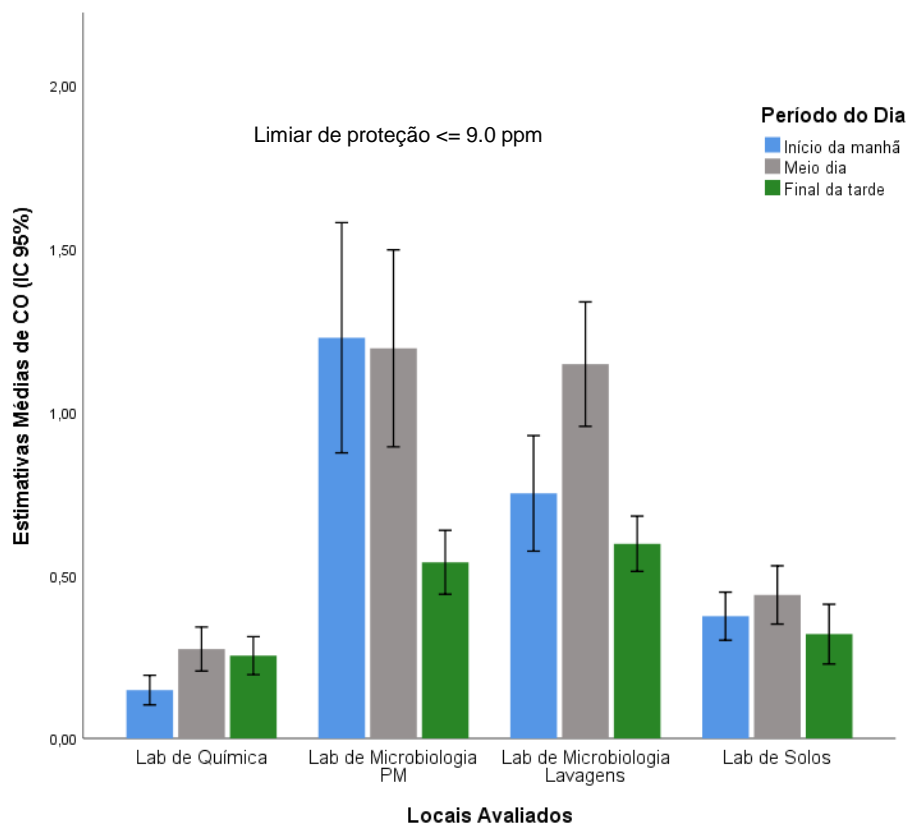


Gráfico 5.19: Distribuição de valores médios de CO por local de medição ajustado ao período do dia

Legenda: Lab. de Microbiologia PM (I); Lab. de Microbiologia Lavagens (II);

Segundo o gráfico anterior como também os resultados apresentados no quadro 5.29, não se constatou nenhum local em diferentes momentos do dia com valores de CO superiores ao recomendado na legislação em vigor. No entanto podemos acrescentar que os locais que apresentaram valores, em média, superiores a 1,0 ppm foram os laboratórios de Microbiologia I (períodos de início de manhã e meio-dia) e II (período do meio-dia).

Quadro 5.30: Estimativa média de CO face ao limiar de proteção por local de estudo em função do período do dia

Laboratório	Período do dia	N	Média	Desvio Padrão	Mín.	Máx.	Diferença Média	p
Lab de Química	Início da manhã	119	0,147	0,249	0,0001	1,000	-8,852	<0,0001
	Meio dia	121	0,273	0,373	0,001	1,600	-8,726	<0,0001
	Final da tarde	120	0,253	0,321	0,001	1,300	-8,746	<0,0001
Lab de Microbiologia I	Início da manhã	120	1,226	1,950	0,0001	7,600	-7,773	<0,0001
	Meio dia	120	1,194	1,668	0,0001	5,400	-7,805	<0,0001
	Final da tarde	120	0,539	0,540	0,0001	2,300	-8,460	<0,0001
Lab de Microbiologia II	Início da manhã	120	0,750	0,978	0,0001	4,500	-8,250	<0,0001
	Meio dia	120	1,145	1,053	0,0001	5,000	-7,854167	<0,0001
	Final da tarde	120	0,595	0,468	0,0001	1,800	-8,404167	<0,0001
Lab de Solos	Início da manhã	120	0,374	0,406	0,0001	1,400	-8,625833	<0,0001
	Meio dia	120	0,439	0,493	0,0001	2,000	-8,560833	<0,0001
	Final da tarde	120	0,319	0,505	0,0001	2,300	-8,680833	<0,0001

Teste *t-Student*; Limiar de proteção = 9 ppm

5.2.6.3 Avaliação do parâmetro CH₂O

No que diz respeito ao poluente atmosférico CH₂O, viemos a constatar que os valores estimados nas avaliações realizadas nos laboratórios em estudo demonstraram estar de acordo com o limiar de proteção estabelecido legalmente ($p > 0,05$). Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.31: Estimativa média de CH₂O face ao limiar de proteção

	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Diferença Média	p
CH ₂ O	1440	,0826	,342	0,0001	4,710	,002	0,772

Teste *t-Student*; Limiar de proteção = 0.08 ppm

Quando procuramos realizar a mesma análise estatística em função do período do dia, verificamos que o momento temporal que revelou uma estimativa média de CH₂O significativamente superior face ao permitido pela legislação em vigor fora ao “*meio-dia*” ($p < 0,05$). Segundo o quadro 27 essa diferença média de CH₂O foi de 0,057 ppm superior face ao limiar de proteção.

Quadro 5.32: Estimativa média de CH₂O face ao limiar de proteção em função do período do dia

Período	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Diferença Média	p
Início da manhã	479	0,070	0,473	0,0001	4,710	-,009708	0,654
Meio-dia	481	0,137	0,344	0,0001	3,470	,057277	<0,0001
Final da tarde	480	0,040	0,072	0,0001	0,370	-,039833	<0,0001

Teste *t-Student*; Limiar de proteção = 0.08 ppm

Procuramos classificar as medições realizadas ao longo do tempo com “*Presença de Risco*” (CH₂O >0,08 ppm) e “*Ausência de Risco*” (CH₂O ≤0,08 ppm) e compreender como as mesmas se distribuíam nos diferentes períodos do dia em estudo. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.33: Tipo de risco (CH₂O) por período do dia avaliado

Período		CH ₂ O		Total
		Presença de Risco	Ausência de Risco	
Início da manhã	n	19	460	479
	% linha	4,0%	96,0%	100,0%
	% coluna	7,9%	38,4%	33,3%
Meio-dia	n	139	342	481
	% linha	28,9%	71,1%	100,0%
	% coluna	57,7%	28,5%	33,4%
Final da tarde	n	83	397	480
	% linha	17,3%	82,7%	100,0%
	% coluna	34,4%	33,1%	33,3%
Total	n	241	1199	1440
	% linha	16,7%	83,3%	100,0%

Teste de Qui-quadrado da Independência = 107,212; gl=2; p<0,0001

Registaram-se diferenças significativas de medições com presença e ausência de risco para o ocupante em função dos diferentes períodos do dia ($p<0,05$). De um total de 1440 avaliações (medições) 16,7% ($n=241$) destas foram classificadas como risco para a saúde do ocupante. De todas as avaliações realizadas com “*presença de risco*”, o período do dia com maior prevalência deste indicador foi ao “*meio-dia*” (57,7%).

No que diz respeito a variação média de CH₂O nos diferentes locais de trabalho controlados (Quadro 5.34) no nosso estudo, viemos a constatar que o Laboratório de Microbiologia I revelou níveis deste poluente atmosférico significativamente superiores face ao permitido por lei. No entanto, os restantes postos de trabalho avaliados não apresentaram, de forma significativa, estimativas médias superiores a 0,08ppm.

Quadro 5.34: Estimativa média de CH₂O face ao limiar de proteção em função do local de estudo

Laboratório	N	Média	Desvio Padrão	Mín.	Máx	Diferença Média	p
Lab de Química	360	0,006	0,018	0,0001	0,110	-0,073	<0,0001
Lab de Microbiologia I	360	0,229	0,642	0,0001	4,710	0,149	<0,0001
Lab de Microbiologia II	360	0,056	0,141	0,0001	0,850	-0,023	<0,0001
Lab de Solos	360	0,037	0,086	0,0001	0,370	-0,042	<0,0001

Teste *t-Student*; Limiar de proteção = 0.08 ppm

Procuramos também avaliar a distribuição média dos valores de CH_2O nos locais de estudo ajustados aos diferentes períodos do dia. Vejamos o gráfico seguinte:

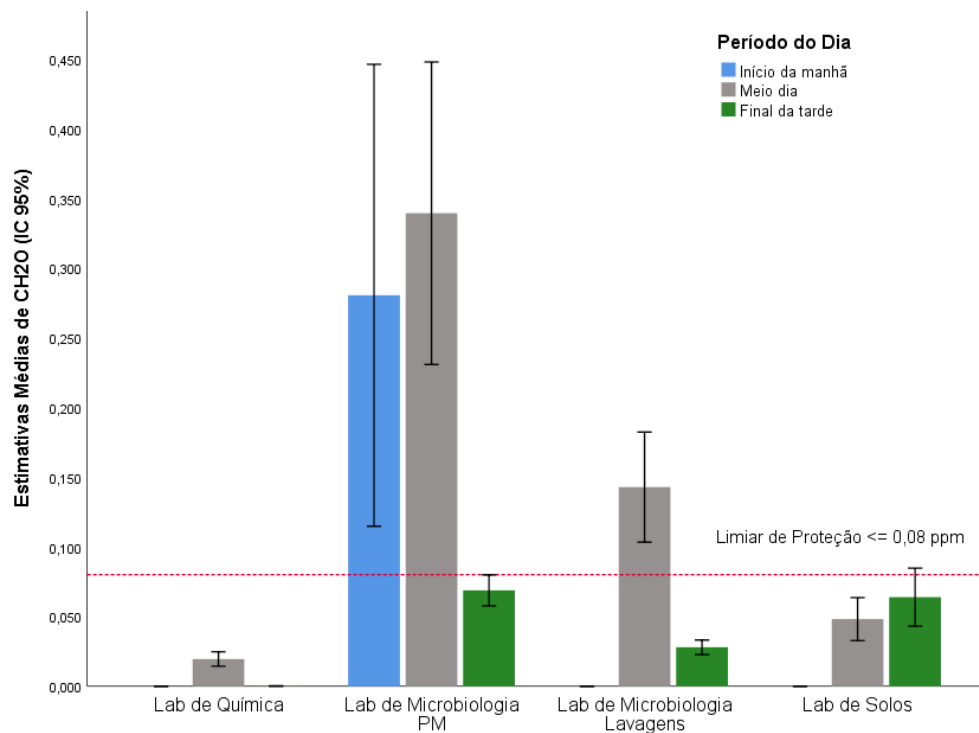


Gráfico 5.20: Distribuição de valores médios de CH_2O por local de medição ajustado ao período do dia

Legenda: Lab. de Microbiologia PM (I); Lab. de Microbiologia Lavagens (II);

Como constatamos no gráfico anterior, verificamos que os laboratórios de Microbiologia I e II apresentaram valores médios de CH_2O bastante acima do recomendado na legislação em vigor, com especial expressão no início da manhã e meio-dia, no primeiro laboratório, e ao meio-dia no segundo respetivamente.

Os resultados anteriormente descritos podem ser confirmados de forma objetiva no quadro seguinte:

Quadro 5.35: Estimativa média de CH₂O face ao limiar de proteção por local de estudo em função do período do dia

Laboratório	Período do dia	N	Média	Desvio Padrão	Mín.	Máx.	Diferença Média	p
Lab Química	Meio-dia	121	0,0195	0,0286	0,0001	0,000	-8,7264	<0,0001
	Final da tarde	120	0,00008	0,0009	0,0001	0,110	-8,7466	<0,0001
Lab de Microbiologia I	Início da manhã	120	0,28058	0,9173	0,0001	0,010	-7,7733	0,018
	Meio-dia	120	0,33950	0,6007	0,0001	4,710	-7,8058	<0,0001
	Final da tarde	120	0,06875	0,0615	0,0001	3,470	-8,4608	0,048
Lab de Microbiologia II	Meio-dia	120	0,14292	0,2183	0,0001	0,180	-7,8541	0,002
	Final da tarde	120	0,02792	0,0289	0,0001	0,000	-8,4041	<0,0001
Lab de Solos	Meio-dia	120	0,04817	0,0852	0,0001	0,850	-8,5608	<0,0001
	Final da tarde	120	0,06392	0,1153	0,0001	0,100	-8,6808	0,129

Teste *t-Student*; Limiar de proteção = 0.08 ppm

Também procuramos avaliar os locais de trabalho em função do período do dia classificando-os ao nível das medições realizadas com “*Presença de Risco*” ($\text{CH}_2\text{O} > 0,08$ ppm) e “*Ausência de Risco*” ($\text{CH}_2\text{O} \leq 0,08$ ppm). Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.36: Relação entre o tipo de risco (CH_2O) por período do dia avaliado em função do local

		CH ₂ O				Total		
		Presença de risco		Ausência de risco				
		N	%	n	%	n	%	
Lab. de Química	Início da manhã	0	0%	119	33,50%	119	33,10%	0,007
	Meio-dia	5	100,00%	116	32,70%	121	33,60%	
	Final da tarde	0	0,00%	120	33,80%	120	33,30%	
	Total	5	1,40%	355	98,60%	360	100,00%	
Lab. de Microbiologia I	Início da manhã	19	15,00%	101	43,30%	120	33,30%	<0,0001
	Meio-dia	60	47,20%	60	25,80%	120	33,30%	
	Final da tarde	48	37,80%	72	30,90%	120	33,30%	
	Total	127	35,30%	233	64,70%	360	100,00%	
Lab. de Microbiologia II	Início da manhã	0	0,00%	120	38,60%	120	33,30%	<0,0001
	Meio-dia	44	89,80%	76	24,40%	120	33,30%	
	Final da tarde	5	10,20%	115	37,00%	120	33,30%	
	Total	49	13,60%	311	86,40%	360	100,00%	
Laboratório de Solos	Início da manhã	0	0,00%	120	40,00%	120	33,30%	<0,0001
	Meio-dia	30	50,00%	90	30,00%	120	33,30%	
	Final da tarde	30	50,00%	90	30,00%	120	33,30%	
	Total	60	16,70%	300	83,30%	360	100,00%	

Teste de Qui-quadrado da Independência e Teste de Qui-quadrado com a Correção de Continuidade de Yates.

Segundo os resultados apresentados no quadro anterior, verificamos que no Laboratório de Química ($n=5$) das avaliações realizadas ao CH_2O revelaram risco para a saúde dos trabalhadores e que estas frequências (medições) de risco ocorreram todas no período do “*meio-dia*” (100%). Perfil semelhante ocorreu também no Laboratório de Microbiologia II (89,8%).

Nos restantes espaços físicos avaliados viemos a constatar uma frequência de risco (prevalências) de valores de CH_2O mais concentrado nos períodos do “*meio-dia*” e “*final de tarde*”.

5.2.6.4 Avaliação do parâmetro COV

No que diz respeito ao poluente atmosférico COV, constatámos que em geral, o valor médio deste parâmetro revelou ser superior, apesar de não significativo, ao limiar de proteção estabelecido legalmente. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.37: Estimativa média de COV face ao limiar de proteção

	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Diferença Média	p
COV	1440	662,763	1892,5514	0,0001	23740	62,7638	0,208

Teste *t-Student*; Limiar de proteção = 600.0 ppb

Podemos ainda acrescentar, segundo o quadro anterior, que o acréscimo médio de COV face aos limiares de proteção foi de 62,76 ppb.

Também quisemos compreender como a distribuição das medições de COV se comportavam nos diferentes períodos do dia estabelecidos previamente pela equipa de investigação. Segundo o quadro 5.38, a estimativa média de COV que ultrapassou de forma significativa o limiar de proteção legalmente definido foi ao “final do dia” ($p < 0,05$). Neste mesmo período observou-se um acréscimo de valor (diferença) de COV face ao estabelecido de 447,67 ppb. Os restantes momentos do dia apresentaram estimativas médias inferiores a 600.0 ppb (limiar de proteção).

Quadro 5.38: Estimativa média de COV face ao limiar de proteção em função do período do dia

Período	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Diferença Média	p
Início da manhã	479	407,99	1433,08	0,0001	23740	-192,00	0,004
Meio-dia	481	532,37	793,82	0,0001	7000	-67,62	0,062
Final da tarde	480	1047,66	2801,58	0,0001	18760	447,66	0,001

Teste *t-Student*; Limiar de proteção = 600.0 ppb

Tendo em referência os resultados apresentados anteriormente propusemos também avaliar a distribuição das medições realizadas ao longo do tempo com “*Presença de Risco*” ($\text{COV} > 600,0 \text{ ppb}$) e “*Ausência de Risco*” ($\text{COV} \leq 600,0 \text{ ppb}$) e compreender como as mesmas se distribuíam nos diferentes períodos do dia em estudo. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.39: Tipo de risco (COV) por período do dia avaliado

Período		COV		Total
		Presença de Risco	Ausência de Risco	
Início da manhã	N	92	387	479
	% linha	19,2%	80,8%	100,0%
	% coluna	29,3%	34,4%	33,3%
Meio-dia	N	99	382	481
	% linha	20,6%	79,4%	100,0%
	% coluna	31,5%	33,9%	33,4%
Final da tarde	N	123	357	480
	% linha	25,6%	74,4%	100,0%
	% coluna	39,2%	31,7%	33,3%
Total	N	314	1126	1440
	% linha	21,8%	78,2%	100,0%
	% coluna	100,0%	100,0%	100,0%

Teste de Qui-quadrado da independência = 6,426; gl=2; p=0,040

Segundo o quadro 5.39, registamos uma diferença significativa entre a frequência de medições com presença e ausência de risco para o ocupante entre os diferentes períodos do dia ($p < 0,05$). Das 1440 avaliações realizadas, a prevalência de medições classificadas como “risco” para a saúde do trabalhador ($COV > 600,0$ ppb) foi de 21,8% ($n=314$).

Podemos constatar que das 314 medições ditas de “risco”, 39,2% destas ocorreram ao “*final da tarde*” e 31,5% das restantes ao “*meio-dia*”. O “*início da manhã*” revelou um padrão de medições de risco muito semelhante a este último.

Também à semelhança da estratégia implementada nos parâmetros anteriores propusemos compreender a distribuição média dos valores de COV em função dos espaços físicos de trabalho. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.40: Estimativa média de COV face ao limiar de proteção em função do local de estudo

Laboratório	N	Média	Desvio Padrão	Mín.	Máx.	Diferença Média	p
Lab de Química	360	161,94	232,18	0,0001	890	-438,05	<0,0001
Lab de Microbiologia I	360	1719,44	3516,80	40	23740	1119,44	<0,0001
Lab de Microbiologia II	360	655,88	488,35	80	2140	55,88	0,031
Lab de Solos	360	113,77	152,23	0,0001	1010	-486,22	<0,0001

Teste *t-Student*; Limiar de proteção = 600.0 ppb

Segundo a informação do quadro anterior viemos a constatar que os Laboratórios de Microbiologia I e Microbiologia II apresentaram valores médios significativamente mais elevados ao permitido por lei ($COV > 600,00$ ppb). O primeiro laboratório, em média, apresentou valores de COV de 1119,44 ppb superiores face ao limiar de proteção. Perfil

semelhante ocorreu no último laboratório (Microbiologia II) apesar da diferença não ter sido tão elevada (55,89 ppb).

Os restantes laboratórios (química e de solos) apresentaram significativamente valores mais baixos face ao limiar de proteção ($p < 0,05$).

Segundo o gráfico seguinte, propusemos avaliar a variação dos poluentes atmosférico COV nos diferentes espaços físicos de trabalho ajustados ao período do dia.

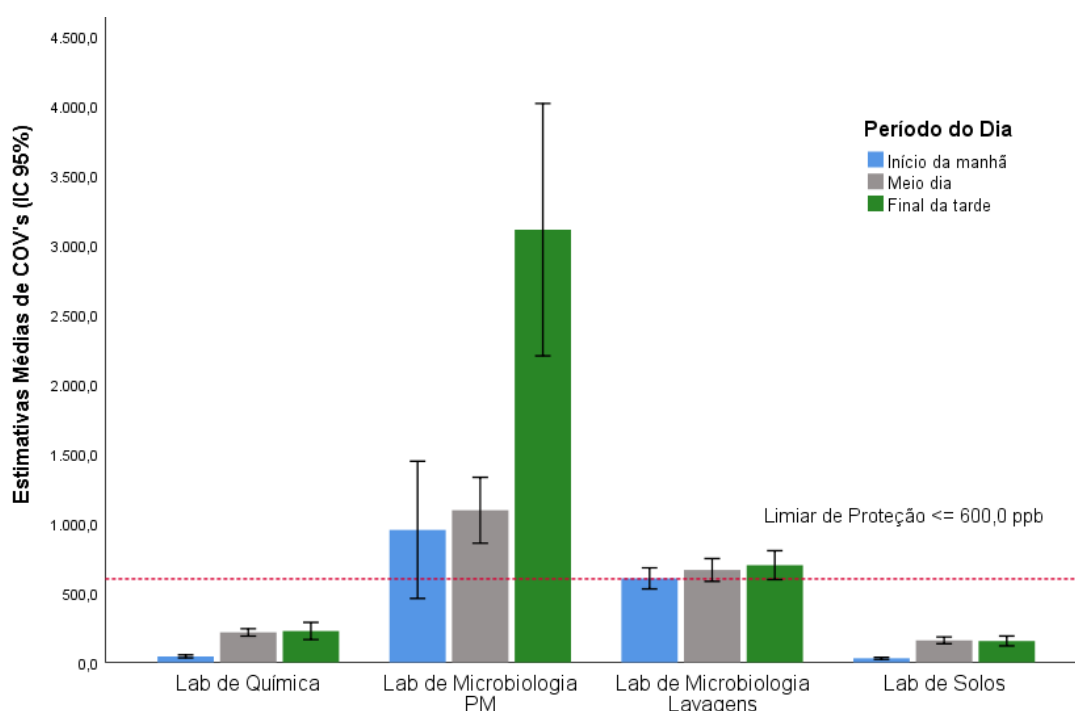


Gráfico 5.21: Distribuição de valores médios de COV por local de medição ajustado ao período do dia
 Legenda: Lab. de Microbiologia PM (I); Lab. de Microbiologia Lavagens (II);

Segundo o gráfico de barras anterior, o mesmo sugere que o Laboratório de Microbiologia I bem como o Laboratório de Microbiologia II apresentaram valores medições que ultrapassaram o limiar de proteção exigido por lei.

Complementando a análise segundo o quadro 5.41, o Laboratório de Microbiologia I em todos os períodos do dia apresentou valores muito superiores face ao permitido (COV ≥ 600.0 ppb). O mesmo ocorreu no Laboratório de Microbiologia II mas com menor diferença face ao limiar de proteção.

Quadro 5.41: Estimativa média de COV face ao limiar de proteção por local de estudo em função do período do dia

Laboratório	Período do dia	N	Média	Desvio Padrão	Mín.	Máx.	Diferença Média	p
Lab de Química	Início da manhã	119	43,02	58,67	0,0001	190,000	-556,97	<0,0001
	Meio dia	121	215,61	147,55	0,0001	690,000	-384,38	<0,0001
	Final da tarde	120	225,75	340,70	0,0001	890,000	-374,25	<0,0001
Lab de Microbiologia I	Início da manhã	120	953,00	2729,74	60,000	23740,000	353,00	0,159
	Meio dia	120	1093,66	1310,34	40,000	7000,000	493,66	<0,0001
	Final da tarde	120	3111,66	5020,07	60,000	18760,000	2511,66	<0,0001
Lab de Microbiologia II	Início da manhã	120	603,83	420,15	80,000	2040,000	3,83	0,921
	Meio dia	120	664,50	453,66	180,000	2140,000	64,50	0,122
	Final da tarde	120	699,33	576,56	190,000	2140,000	99,33	0,062
Lab de Solos	Início da manhã	120	29,083	42,34	0,0001	240,000	-570,91	<0,0001
	Meio dia	120	158,33	136,47	0,0001	460,000	-441,66	<0,0001
	Final da tarde	120	153,91	196,57	0,0001	1010,000	-446,08	<0,0001

Teste *t-Student*; Limiar de proteção = 600.0 ppb

Também procuramos avaliar os locais de trabalho em função do período do dia classificando-os ao nível das medições realizadas com “*Presença de Risco*” (COV >600,0 ppb) e “*Ausência de Risco*” (COV ≤600,0 ppb). Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.42: Relação entre o tipo de risco (COV) por período do dia avaliado em função do local

		COV						
Laboratório	Período	Presença de risco		Ausência de risco		Total		p
		n	%	n	%	n	%	
Lab de Química	Início da manhã	0	0,00%	119	36,40%	119	33,10%	<0,0001
	Meio dia	3	9,10%	118	36,10%	121	33,60%	
	Final da tarde	30	90,90%	90	27,50%	120	33,30%	
	Total	33	9,20%	327	90,80%	360	100,00%	
Lab de Microbiologia I	Início da manhã	27	18,60%	93	43,30%	120	33,30%	<0,0001
	Meio dia	60	41,40%	60	27,90%	120	33,30%	
	Final da tarde	58	40,00%	62	28,80%	120	33,30%	
	Total	145	40,30%	215	59,70%	360	100,00%	
Lab de Microbiologia II	Início da manhã	65	48,90%	55	24,20%	120	33,30%	<0,0001
	Meio dia	36	27,10%	84	37,00%	120	33,30%	
	Final da tarde	32	24,10%	88	38,80%	120	33,30%	
	Total	133	36,90%	227	63,10%	360	100,00%	
Laboratório de Solos	Início da manhã	0	0,00%	120	33,60%	120	33,30%	0,049
	Meio dia	0	0,00%	120	33,60%	120	33,30%	
	Final da tarde	3	100,00%	117	32,80%	120	33,30%	
	Total	3	0,80%	357	99,20%	360	100,00%	

Teste de Qui-quadrado da Independência

Como verificamos no quadro anterior, observaram-se de forma significativa valores de prevalência mais elevados associados ao risco para a saúde dos ocupantes mais elevados nos Laboratórios quer de Microbiologia I (40,3%) quer no de Microbiologia II (36,9%). Nestes laboratórios, a frequências de valores mais elevados (risco) ocorreram, no Laboratório de Microbiologia I, ao “meio-dia” (41,4%) e “final de tarde” (40%) e perfil diferente no Laboratório de Microbiologia II (início da manhã: 48,9% e meio-dia: 27,1%).

Nos Laboratórios de Química registamos uma prevalência de 9,2% de medições classificadas como risco para a saúde. No Laboratório de Solos não chegou a 1% as medições que ocorreram para lá do valor permitido por lei.

5.3 Avaliação dos parâmetros físicos

5.3.1 Temperatura e Humidade Relativa

Procuramos de seguida descrever o comportamento das distribuições de frequências dos parâmetros de conforto térmico em função dos locais avaliados em estudo. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.43: Distribuição de frequências dos parâmetros de conforto térmico por locais avaliados

		Temperatura				Humidade Relativa			
		<=17,99 .°C	[18,00-22,00] .° C	=>22,01	Total	<=49,9 9%	[50,00-70,00]%	=>70, 01%	Total
Lab. de Química	n	3	294	63	360	277	83	0	360
	%	6,7	23,3	47,4	25,0	30,8	15,4	,0	25,0
Lab. de Microbiologia I	n	16	344	0	360	176	184	0	360
	%	35,6	27,3	,0	25,0	19,6	34,1	,0	25,0
Lab. de Microbiologia II	n	0	336	24	360	179	181	0	360
	%	,0	26,6	18,0	25,0	19,9	33,5	,0	25,0
Lab. de Solos	n	26	288	46	360	268	92	0	360
	%	57,8	22,8	34,6	25,0	29,8	17,0	,0	25,0
Total	n	45	1262	133	1440	900	540	0	1440
	%	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	,0	100,0

Quanto ao parâmetro Temperatura viemos a constatar que das 1440 medições, 87,64% destas indicaram estar de forma adequada [18.00-22.00].°C. A prevalência de medições com temperaturas superiores ao recomendado foi de 9,24% e destas 47,4% ocorreram no Laboratório de Química seguida do Laboratório de Solos (34,6%).

Os locais com medições de temperatura inferior ao recomendado ocorreram com maior expressão no Laboratório de Solos (57,8%) e no Laboratório de Microbiologia I (35,6%).

No que diz respeito à Humidade Relativa, 62,5% das 900 medições apresentaram valores desadequados de Humidade (<=49,99%). Os locais onde os níveis desadequados de Humidade mais prevalentes ocorreram foram nos Laboratórios de Química (30,8%) e de Solos (29,8%).

5.3.2 Velocidade do ar

Verificámos que no interior dos laboratórios analisados o valor médio da velocidade do ar foi 0,015 m/s. Relativamente ao valor médio no exterior este foi de 0,46 m/s. Dado os valores terem pouca expressividade, optámos por não os apresentar graficamente.

5.4 Avaliação de sintomas

5.4.1 Caracterização dos ocupantes

Nesta fase do trabalho procuramos descrever algumas características biográficas e profissionais dos utilizadores dos espaços de laboratório. Vejamos os quadros seguintes:

Quadro 5.44: Caracterização sociobiográfica da amostra

		Docente		Estudante		Pessoal Não Docente	
		n	%	n	%	n	%
Sexo	Feminino	3	75,0	22	68,8	11	73,3
	Masculino	1	25,0	10	31,3	4	26,7
	Total	4	100,0	32	100,0	15	100,0
Habilitações Literárias	3º Ciclo do Ensino Básico	0	,0	0	,0	2	13,3
	Ensino Secundário	0	0,0	32	100,0	2	13,3
	Ensino Superior	4	100,0	0	,0	11	73,3
	Total	4	100,0	32	100,0	15	100,0
Idade	Média ± desvio padrão	54,50±4,20		20,44±2,82		43,73±12,61	
N.º de horas de trabalho no lab.	Média ± desvio padrão	7,25±5,50		11,77±11,65		32,64±11,87	
Antiguidade na Instituição	Média ± desvio padrão	24,0±6,78		3,67±2,92		17,89±15,28	

Segundo o quadro anterior a maioria dos nossos participantes eram do sexo feminino em todas as categorias profissionais/académicas. Ao nível as habilitações literárias, no que diz respeito ao pessoal docente todos apresentavam formação habilitacional superior. Quanto aos estudantes todos apresentavam como formação principal de ensino secundário. Quanto ao nível do Pessoal Não Docente, a esmagadora maioria apresentava formação superior.

Quanto à média de idades, os docentes apresentaram uma idade de 55 anos e que foi ligeiramente superior aos funcionários não docentes com um valor médio de idade de

44 anos. Por fim, no que diz respeito aos estudantes a média de idade foi sensivelmente de 20 anos.

Ao nível do número de horas de trabalho por semana nos locais avaliados (laboratórios) constatamos que os funcionários não docentes passavam, em média, mais horas nesses espaços (33 horas por semana) seguido do grupo de estudantes (12h por semana).

Por fim, no que diz respeito à antiguidade na instituição, o grupo de docentes em estudo apresentou 24 anos de antiguidade, enquanto ao nível dos funcionários não docentes, a média de antiguidade foi de 18 anos. Quanto aos estudantes a frequentar o Ensino Superior a média de frequência na instituição foi sensivelmente de 4 anos.

Quanto à distribuição dos participantes em estudo no que diz respeito às funções que realizavam na instituição em estudo vejamos o gráfico de setores seguinte:

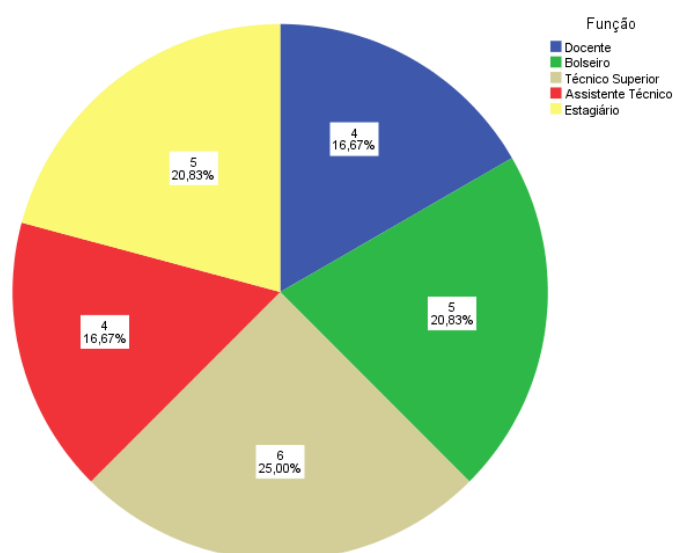


Gráfico 5.22: Distribuição de respostas (frequências absolutas e relativas) quanto à função/atividade dos respondentes

Segundo o gráfico anterior os grupos definidos como “*Estagiários*” e “*Bolseiros*” correspondeu a um total de 41,66% do total dos participantes em estudo. Os restantes participantes enquanto funcionários (docentes e não docentes) representaram de forma relativa 58,34% do total.

5.4.2 Prevalência de Doenças Crônicas

Procuramos de seguida descrever a frequência de doenças crônicas autodeclaradas pelos utilizadores dos espaços de laboratório. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.45: Descrição da frequência de respostas face ao tipo de doença crónica

n = 14		Respostas		% de Casos
		n	%	
Doenças Crônicas	Artrite	1	5,0%	7,1%
	Reumatoide			
	Asma	2	10,0%	14,3%
	Bronquite	2	10,0%	14,3%
	Depressão	1	5,0%	7,1%
	Diabetes	1	5,0%	7,1%
	Doenças Graves	1	5,0%	7,1%
	Hipertensão	1	5,0%	7,1%
	Arterial			
	Tiroidismo	2	10,0%	14,3%
	Rinite Alérgica	3	15,0%	21,4%
	Problemas de Coluna	2	10,0%	14,3%
	Varizes	2	10,0%	14,3%
	Alergias	2	10,0%	14,3%
Total		20	100,0%	142,9%

Segundo o quadro anterior, 15% das respostas obtidas pelos ocupantes indicaram sofrer de “rinite alérgica”, seguida de “asma”, “bronquite”, “alergias”, “tiroidismo”, “problemas de coluna” e “varizes” (10%). Quanto à prevalência da doença com maior expressão amostral no nosso estudo foi a “rinite alérgica” (n=3; 21,4%).

5.4.3 Prevalência de Sinais/Sintomas da Síndrome do Edifício Doente

Também procuramos avaliar a prevalência de sintomas/doenças que poderiam estar associadas ao interior (exposição) do edifício onde os participantes trabalhavam. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.46: Descrição da frequência de respostas face aos sinais/sintomas de SED

Sintomas/Doenças no Edifício (n=36)	Respostas		Prevalência
	N	%	
Asma	6	4,7	16,7
Bronquite Crónica	2	1,6	5,6
Pieira-Assobios	3	2,3	8,3
Crise de Espirros, corrimento nasal ou nariz entupido	18	14,1	50,0
Alergias	19	14,8	52,8
Dores de Cabeça	19	14,8	52,8
Tonturas	6	4,7	16,7
Irritação das Mucosas	13	10,2	36,1
Sensibilidade a Odores	16	12,5	44,4
Tosse	11	8,6	30,6
Secura dos Olhos e Pele	12	9,4	33,3
Dificuldades Respiratórias	3	2,3	8,3
Total	128	100,0	355,6

Constatamos que os sintomas/doenças no interior do edifício (SED) que mais prevaleceram nos participantes em estudo foram as “*alergias*” e “*dores de cabeça*” (52,8%), “*crises de espirros, corrimento nasal ou nariz entupido*” (50%), “*sensibilidade a Odores*” (44,4%) e “*irritação das mucosas*” (36,1%). Os sintomas com menor expressão prevalente abaixo dos 10% foram: “*bronquite crónica*”, “*dificuldades respiratórias*” e “*pieira-assobios*”.

No que diz respeito à frequência de respostas apresentadas pelos nossos inquiridos, constatámos que das 128 manifestações os sintomas/doenças associadas ao edifício que mais prevaleceram foram as que anteriormente se indicou: “*alergias*”, “*dores de cabeça*” e “*crises de espirros, corrimento nasal ou nariz entupido*”.

Tendo por base a informação anteriormente apresentada procuramos avaliar a associação entre a percepção de que os nossos participantes manifestaram no que diz respeito ao conforto com os sintomas/doenças relacionadas com o edifício (interior). Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.47: Relação entre os sintomas/doenças de SED e a percepção de conforto térmico

		Conforto Térmico						p
		Não		Sim		Total		
		n	%	n	%	n	%	
Asma	Não	14	82,4	31	91,2	45	88,2	0,645*
	Sim	3	17,6	3	8,8	6	11,8	
Bronquite Crônica	Não	16	94,1	33	97,1	49	96,1	0,560**
	Sim	1	5,9	1	2,9	2	3,9	
Pieira-Assobios	Não	16	94,1	32	94,1	48	94,1	0,713**
	Sim	1	5,9	2	5,9	3	5,9	
Crise de Espirros, corrimento nasal ou nariz entupido	Não	8	47,1	25	73,5	33	64,7	0,120*
	Sim	9	52,9	9	26,5	18	35,3	
Alergias	Não	10	58,8	22	64,7	32	62,7	0,918*
	Sim	7	41,2	12	35,3	19	37,3	
Dores de Cabeça	Não	11	64,7	21	61,8	32	62,7	0,999*
	Sim	6	35,3	13	38,2	19	37,3	
Tonturas	Não	15	88,2	30	88,2	45	88,2	0,663**
	Sim	2	11,8	4	11,8	6	11,8	
Irritação das Mucosas	Não	12	70,6	26	76,5	38	74,5	0,910*
	Sim	5	29,4	8	23,5	13	25,5	
Sensibilidade a Odores	Não	10	58,8	25	73,5	35	68,6	0,455*
	Sim	7	41,2	9	26,5	16	31,4	
Tosse	Não	13	76,5	27	79,4	40	78,4	0,999*
	Sim	4	23,5	7	20,6	11	21,6	
Secura dos Olhos e Pele	Não	12	70,6	27	79,4	39	76,5	0,726*
	Sim	5	29,4	7	20,6	12	23,5	
Dificuldades Respiratórias	Não	16	94,1	32	94,1	48	94,1	0,713**
	Sim	1	5,9	2	5,9	3	5,9	

*Teste de Qui-quadrado da Independência com Correção de Continuidade de Yates;

**Teste Exato de Fisher

Segundo os resultados apresentados no quadro anterior, não se registou uma associação significativa de presença de sintomas/doenças relacionadas com o edifício e a percepção de conforto térmico ($p>0,05$).

No entanto, verificamos que os participantes que indicaram uma percepção negativa do conforto térmico também demonstraram os sinais ou sintomas associados ao edifício mais prevalentes: “crises de espirros...” (52,9%), “Alergias” e “Sensibilidade a Odores” ambas com 41,2%, “dores de cabeça” (35,3%), “Secura dos Olhos e Pele” (29,4%) e “Tosse” (23,5%).

Propusemos também avaliar a percepção de desconforto em geral que os participantes manifestavam nos diferentes locais que frequentavam e a relação com o Conforto Térmico. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.48: Locais onde os ocupantes se sentem menos confortáveis

		Conforto Térmico						
		Não		Sim		Total		
		n	%	n	%	n	%	p
Laboratório de Solos	Não	17	100,0	33	97,1	50	98,0	0,667**
	Sim	0	,0	1	2,9	1	2,0	
Laboratórios em geral	Não	16	94,1	32	94,1	48	94,1	0,713**
	Sim	1	5,9	2	5,9	3	5,9	

*Teste de Qui-quadrado da Independência com Correção de Continuidade de Yates;

**Teste Exato de Fisher

Segundo os resultados apresentados no quadro anterior, verificamos que não se registaram diferenças significativas de percepção de desconforto nos diferentes locais do interior do edifício e a condição de conforto térmico ($p>0,05$).

Procuramos de seguida avaliar a relação dos sintomas/doenças da síndrome do edifício doente e a eliminação ou redução destes quando os ocupantes se deslocavam para o exterior do mesmo edifício. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.49: Relação entre Sinais e Sintomas de SED e a exclusão destes no Exterior do Edifício

			Quando vai para o exterior deixa de ter os sintomas?		
			Sim	Não	Total
Sintomas da Síndrome do Edifício Doente	Sim	n	13	20	33
		% linha	39,4%	60,6%	80,5
	Não	n	0	8	8
		% linha	0,0%	100,0%	19,5
Total	n	13	28	41	
	% linha	31,7%	68,3%	100	

Teste Exato de Fisher. $p=0,033$

Verificamos uma associação estatisticamente significativa entre a presença de sintomas da síndrome do edifício doente e a mitigação destes mesmos sintomas quando os ocupantes se deslocavam para o exterior do edifício ($p<0,05$). Do total de ocupantes que manifestaram sintomas da síndrome do edifício doente ($n=33$; 80,5%), 39,4% indicou deixar de sentir esses mesmos sintomas quando vinham para o exterior do edifício.

Procuramos avaliar a relação de determinados sinais e sintomas associadas à Síndrome do Edifício Doente em função dos grupos avaliados. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.50: Relação entre os Sinais e Sintomas de SED e o tipo de ocupante em estudo

Sintomas/doenças		Tipo de Participante no Estudo								p
		Pessoal Não								
		Docente		Estudante		Docente		Total		
		n	%	n	%	n	%	n	%	
Asma	Não	3	75,0	29	90,6	13	86,7	45	88,2	-
	Sim	1	25,0	3	9,4	2	13,3	6	11,8	
Bronquite Crónica	Não	3	75,0	31	96,9	15	100,0	49	96,1	-
	Sim	1	25,0	1	3,1	0	,0	2	3,9	
Pieira-Assobios	Não	3	75,0	31	96,9	14	93,3	48	94,1	-
	Sim	1	25,0	1	3,1	1	6,7	3	5,9	
Crise de Espirros, corrimento nasal ou nariz entupido	Não	2	50,0	23	71,9	8	53,3	33	64,7	0,377
	Sim	2	50,0	9	28,1	7	46,7	18	35,3	
Alergias	Não	1	25,0	20	62,5	11	73,3	32	62,7	0,206
	Sim	3	75,0	12	37,5	4	26,7	19	37,3	
Dores de Cabeça	Não	2	50,0	22	68,8	8	53,3	32	62,7	0,512
	Sim	2	50,0	10	31,3	7	46,7	19	37,3	
Tonturas	Não	3	75,0	31	96,9	11	73,3	45	88,2	-
	Sim	1	25,0	1	3,1	4	26,7	6	11,8	
Irritação das Mucosas	Não	2	50,0	26	81,3	10	66,7	38	74,5	0,284
	Sim	2	50,0	6	18,8	5	33,3	13	25,5	
Sensibilidade a Odores	Não	2	50,0	25	78,1	8	53,3	35	68,6	0,164
	Sim	2	50,0	7	21,9	7	46,7	16	31,4	
Tosse	Não	2	50,0	28	87,5	10	66,7	40	78,4	-
	Sim	2	50,0	4	12,5	5	33,3	11	21,6	
Secura dos Olhos e Pele	Não	2	50,0	26	81,3	11	73,3	39	76,5	-
	Sim	2	50,0	6	18,8	4	26,7	12	23,5	
Dificuldades Respiratórias	Não	3	75,0	30	93,8	15	100,0	48	94,1	-
	Sim	1	25,0	2	6,3	0	,0	3	5,9	

Teste de Qui-quadrado da Independência com Correção de Continuidade de Yates; Teste Exato de Fisher

Não se registaram diferenças significativas de determinados sintomas/doenças associadas à SED entre os diferentes grupos de estudo ($p>0,05$). Porém, verificamos que os sinais com maior prevalência ocorreram ao nível das “Crises de Espirros...” (35,3%), “Alergias” e “Dores de Cabeça”, ambas com 37,3% de prevalência, “Sensibilidade a odores” (31,4%) e ainda “Irritação das mucosas” (25,5%) e “Secura dos Olhos e Pele” (23,5%). No que diz respeito à “Crise de Espirros, corrimento nasal ou

nariz entupido”, 50% dos 18 casos identificados com estes sinais eram estudantes e 38,9% eram também Pessoal não docente. Também ao nível das “Alergias” dos 19 casos que manifestaram esta condição, 63,2% também eram estudantes que frequentavam os espaços em avaliação. Quanto ao sinal/sintoma “Dores de Cabeça”, dos 19 casos detetados, a maioria eram estudantes (52,6%) seguido grupo pessoal não docente (36,8%).

Ao nível da “Sensibilidade a Odores” dos 16 participantes com esta condição verificamos uma prevalência igual entre os estudantes e o pessoal não docente (43,8%). Quanto ao sintoma “Irritação das mucosas” constatamos mais uma vez que de um total de 13 casos com este fenómeno, 46,2% eram estudantes e pessoal não docente (38,5%). Por fim, ao nível da “Secura dos olhos e pele” perfil semelhante ocorreu face ao último sintoma analisado (estudantes: 50%; pessoal não docente: 33,3%).

Também procuramos avaliar a presença de sintomas/doenças associados à SED em função dos locais que foram avaliados no nosso estudo. Tivemos em atenção distribuir os participantes em dois grupos, onde no grupo “Único Local” foram colocados os mesmos participantes que predominantemente só lidavam com um espaço físico (Laboratórios) e um segundo grupo onde os participantes ocupavam de forma equitativa dois ou mais espaços de trabalho/ensino. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.51: Relação entre os Sinais e Sintomas de SED e o número de espaços físicos avaliados

		Local de Trabalho/Ensino Predominante							p
		Único local		Dois ou mais locais		Total			
		n	%	n	%	n	%		
Asma	Não	19	86,4	26	89,7	45	88,2	0,524**	
	Sim	3	13,6	3	10,3	6	11,8		
Bronquite Crónica	Não	21	95,5	28	96,6	49	96,1	0,682**	
	Sim	1	4,5	1	3,4	2	3,9		
Pieira-Assobios	Não	20	90,9	28	96,6	48	94,1	0,396**	
	Sim	2	9,1	1	3,4	3	5,9		
Crise de Espirros, corrimento nasal ou nariz entupido	Não	14	63,6	19	65,5	33	64,7	0,889*	
	Sim	8	36,4	10	34,5	18	35,3		
Alergias	Não	15	68,2	17	58,6	32	62,7	0,684*	
	Sim	7	31,8	12	41,4	19	37,3		
Dores de Cabeça	Não	13	59,1	19	65,5	32	62,7	0,859*	
	Sim	9	40,9	10	34,5	19	37,3		
Tonturas	Não	18	81,8	27	93,1	45	88,2	0,211**	
	Sim	4	18,2	2	6,9	6	11,8		
Irritação das Mucosas	Não	17	77,3	21	72,4	38	74,5	0,944*	
	Sim	5	22,7	8	27,6	13	25,5		
Sensibilidade a Odores	Não	15	68,2	20	69,0	35	68,6	0,952*	
	Sim	7	31,8	9	31,0	16	31,4		
Tosse	Não	16	72,7	24	82,8	40	78,4	0,300**	
	Sim	6	27,3	5	17,2	11	21,6		
Secura dos Olhos e Pele	Não	17	77,3	22	75,9	39	76,5	0,906*	
	Sim	5	22,7	7	24,1	12	23,5		
Dificuldades Respiratórias	Não	21	95,5	27	93,1	48	94,1	0,604**	
	Sim	1	4,5	2	6,9	3	5,9		

* Teste de Qui-quadrado da Independência com Correção de Continuidade de Yates; ** Teste Exato de Fisher

Não se registaram diferenças de ocorrência de determinados sintomas/doenças associados à SED entre os participantes que indicaram trabalhar/ensinar num único local ou em dois ou mais locais avaliados ($p>0,05$).

Porém, não podemos deixar de destacar que nos sintomas de “Crise de Espirros, corrimento nasal ou nariz entupido”, dos 18 casos identificados 55,6% estavam alocados a dois ou mais locais de trabalho/ensino. Também ao nível das “Alergias” a prevalência de casos com este fenómeno associado a dois ou mais locais foi de 63,2% ($n=19$). Perfil

semelhante ocorreu também em participantes que indicaram ter “dores de cabeça” com uma prevalência de 52,6%.

Também referente à “irritação das mucosas” os participantes que trabalham em dois ou mais locais 61,5% tinham esta sintomatologia. Ao nível da “Sensibilidade a Odores” de um total de 16 participantes com esta condição, 56,3% encontravam-se com esta sintomatologia perante a sua atividade em dois ou mais locais.

Por fim, ao nível da “Secura dos Olhos e Pele” verificamos mais uma vez que os trabalhadores que se encontravam em dois ou mais locais de trabalho/ensino apresentaram uma maior prevalência (58,3%) comparativamente aos trabalhadores que indicaram um só espaço.

Quadro 5.52: Relação entre os sintomas/doenças de SED e o tipo de espaços físicos avaliados

Sintomas/doenças			Local de Trabalho/Ensino Predominante				Total
			Lab. de Química	Lab. de Microbiologia	Lab. de Solos	2 ou mais lab	
Asma	Não	n (%)	5 (83,3)	11 (84,6)	3 (100)	26 (89,7)	45 (88,2)
	Sim	n (%)	1 (16,7)	2 (15,4)	0 (0)	3 (10,3)	6 (11,8)
Bronquite Crônica	Não	n (%)	6 (100)	12 (92,3)	3 (100)	28 (96,6)	49 (96,1)
	Sim	n (%)	0 (0)	1 (7,7)	0 (9)	1 (3,4)	2 (3,9)
Pieira-Assobios	Não	n (%)	5 (83,3)	12 (92,3)	3 (100)	28 (96,6)	48 (94,1)
	Sim	n (%)	1 (16,7)	1 (7,7)	0 (0)	1 (3,4)	3 (5,9)
Crise de Espirros, corrimento nasal ou nariz entupido	Não	n (%)	5 (83,3)	6 (46,2)	3 (100)	19 (65,5)	33 (64,7)
	Sim	n (%)	1 (16,7)	7 (53,8)	0 (0)	10 (34,5)	18 (35,3)
Alergias	Não	n (%)	4 (66,7)	9 (69,2)	2 (66,7)	17 (58,6)	32 (62,7)
	Sim	n (%)	2 (33,3)	4 (30,8)	1 (33,3)	12 (42,4)	19 (37,3)
Dores de Cabeça	Não	n (%)	3 (50)	7 (53,8)	3 (100)	19 (65,5)	32 (62,7)
	Sim	n (%)	3 (50)	6 (46,2)	0 (0)	10 (34,5)	19 (37,3)
Tonturas	Não	n (%)	5 (83,3)	10 (76,9)	3 (100)	27 (93,1)	45 (88,2)
	Sim	n (%)	1 (16,7)	3 (23,1)	0 (0)	2 (6,9)	6 (11,8)
Irritação das Mucosas	Não	n (%)	5 (83,3)	9 (69,2)	3 (100)	21 (72,4)	38 (74,5)
	Sim	n (%)	1 (16,7)	4 (30,8)	0 (0)	8 (27,6)	13 (25,5)
Sensibilidade a Odores	Não	n (%)	4 (66,7)	9 (69,2)	2 (66,7)	20 (69)	35 (68,6)
	Sim	n (%)	2 (33,3)	4 (30,8)	1 (33,3)	9 (31)	16 (31,4)
Tosse	Não	n (%)	4 (66,7)	9 (69,2)	3 (100)	24 (82,8)	40 (78,4)
	Sim	n (%)	2 (33,3)	4 (30,8)	0 (0)	5 (17,2)	11 (21,6)
Secura dos Olhos e Pele	Não	n (%)	5 (83,3)	9 (69,2)	3 (100)	22 (75,9)	39 (76,5)
	Sim	n (%)	1 (16,7)	4 (30,8)	0 (0)	7 (24,1)	12 (23,5)
Dificuldades Respiratórias	Não	n (%)	6 (100)	12 (92,3)	3 (100)	27 (93,1)	48 (94,1)
	Sim	n (%)	0 (0)	1 (7,7)	0 (0)	2 (6,9)	3 (5,9)

Como podemos constatar, segundo o quadro anterior, as pessoas que indicaram passar a maior parte do tempo no Laboratório de Microbiologia também apresentaram uma prevalência do sintoma “*Crise de espirros, corrimento nasal ou nariz entupido*” superior proporcionalmente (53,8%) face aos restantes locais avaliados. No que diz respeito ao sintoma “*Dores de Cabeça*” este foi mais prevalente em pessoas que frequentavam predominantemente o Laboratório de Química (50%) e seguido do Laboratório de Microbiologia (46,2%).

Um padrão de prevalências semelhante entre os diferentes locais (laboratórios) ocorreu nos sintomas de “Sensibilidade a odores” e “Alergias”.

Quanto ao sintoma “Tosse”, este foi mais expressivo em pessoas que indicaram trabalhar/ensinar nos locais Laboratório de Química (33,3%), seguido do Laboratório de Microbiologia (30,8,2%).

No que diz respeito à “Irritação das Mucosas” este sintoma foi mais expressivo no laboratório de Microbiologia (30,8%) seguido das pessoas que indicaram frequentar predominantemente vários locais (27,6%). Ao nível da “Secura dos Olhos e Pele” este sintoma foi mais prevalente no Laboratório de Microbiologia (30,8%) comparativamente aos restantes locais.

Os restantes sintomas apresentaram prevalências ligeiramente inferiores a 30%. Destes sinais/sintomas as “Tonturas” prevaleceram no Laboratório de Microbiologia (23,1%), a “Pieira-Assobios” e “Asma” apresentaram o mesmo valor de prevalência (16,7%) associados ao Laboratório de Química.

5.4.4 Relação entre os sinais e sintomas do edifício doente e o risco de exposição a poluentes

Nesta parte dos nossos resultados procuramos compreender a associação entre a exposição a determinados poluentes atmosféricos considerados com ou sem risco e a presença/ausência de determinados sintomas/doenças da SED por parte dos ocupantes.

Vejam os quadro seguinte no que diz respeito ao parâmetro PM_{2.5}:

Quadro 5.53: Relação entre os sintomas/doenças de SED e o risco de exposição a PM_{2.5}

		PM _{2.5}						
		Presença Risco		Ausência Risco		Total		
		n	%	n	%	n	%	p-value; OR
Asma	Sim	6	12,5	0	,0	6	11,8	0,681
	Não	42	87,5	3	100,0	45	88,2	----
Bronquite Crônica	Sim	2	4,2	0	,0	2	3,9	0,885
	Não	46	95,8	3	100,0	49	96,1	----
Pieira-Assobios	Sim	3	6,3	0	,0	3	5,9	0,831
	Não	45	93,8	3	100,0	48	94,1	----
Crise de Espirros, corrimento nasal ou nariz entupido	Sim	18	37,5	0	,0	18	35,3	0,486
	Não	30	62,5	3	100,0	33	64,7	----
Alergias	Sim	18	37,5	1	33,3	19	37,3	0,999
	Não	30	62,5	2	66,7	32	62,7	1,200
Dores de Cabeça	Sim	19	39,6	0	,0	19	37,3	0,447
	Não	29	60,4	3	100,0	32	62,7	----
Tonturas	Sim	6	12,5	0	,0	6	11,8	0,681
	Não	42	87,5	3	100,0	45	88,2	----
Irritação das Mucosas	Sim	13	27,1	0	,0	13	25,5	0,405
	Não	35	72,9	3	100,0	38	74,5	----
Sensibilidade a Odores	Sim	15	31,3	1	33,3	16	31,4	0,686
	Não	33	68,8	2	66,7	35	68,6	0,909
Tosse	Sim	11	22,9	0	,0	11	21,6	0,474
	Não	37	77,1	3	100,0	40	78,4	----
Secura dos Olhos e Pele	Sim	12	25,0	0	,0	12	23,5	0,439
	Não	36	75,0	3	100,0	39	76,5	----
Dificuldades Respiratórias	Sim	3	6,3	0	,0	3	5,9	0,831
	Não	45	93,8	3	100,0	48	94,1	----

Testes: Teste de Qui-quadrado da Independência com Correção de Continuidade de Yates; Teste Exato de Fisher; Odds Ratio

Segundo os resultados apresentados anteriormente, não se registou um padrão de associação entre os sintomas/doenças da SED e a presença ou ausência de risco para a saúde dos seus ocupantes no que diz respeito ao parâmetro PM_{2.5} ($p>0,05$). No entanto, podemos destacar que ao nível do sintoma “alergias” constatamos que a possibilidade de exposição a valores elevados de PM_{2.5} (presença de risco) entre as pessoas com este mesmo sintoma foi ligeiramente superior [OR= 1,2; I.C._{95%}=0,101-

14,195] comparativamente aos indivíduos sem essa mesma sintomatologia não expostos.

Também realizamos a mesma estratégia para compreender a associação entre a exposição ao parâmetro atmosférico PM₁₀ (presença ou ausência de risco) e a presença/ausência de determinados sintomas/doenças da SED por parte dos ocupantes. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.54: Relação entre os sintomas/doenças de SED e o risco de exposição a PM₁₀

		PM ₁₀						p-value; OR
		Presença Risco		Ausência Risco		Total		
		n	%	n	%	n	%	
Asma	Sim	1	16,7	5	11,1	6	11,8	0,548
	Não	5	83,3	40	88,9	45	88,2	1,600
Bronquite Crónica	Sim	0	,0	2	4,4	2	3,9	0,776
	Não	6	100,0	43	95,6	49	96,1	----
Pieira-Assobios	Sim	1	16,7	2	4,4	3	5,9	0,319
	Não	5	83,3	43	95,6	48	94,1	4,300
Crise de Espirros, corrimento nasal ou nariz entupido	Sim	1	16,7	17	37,8	18	35,3	0,574
	Não	5	83,3	28	62,2	33	64,7	0,329
Alergias	Sim	2	33,3	17	37,8	19	37,3	0,999
	Não	4	66,7	28	62,2	32	62,7	0,824
Dores de Cabeça	Sim	3	50,0	16	35,6	19	37,3	0,812
	Não	3	50,0	29	64,4	32	62,7	1,813
Tonturas	Sim	1	16,7	5	11,1	6	11,8	0,548
	Não	5	83,3	40	88,9	45	88,2	1,600
Irritação das Mucosas	Sim	1	16,7	12	26,7	13	25,5	0,977
	Não	5	83,3	33	73,3	38	74,5	0,550
Sensibilidade a Odores	Sim	2	33,3	14	31,1	16	31,4	0,999
	Não	4	66,7	31	68,9	35	68,6	1,107
Tosse	Sim	2	33,3	9	20,0	11	21,6	0,828
	Não	4	66,7	36	80,0	40	78,4	2,000
Secura dos Olhos e Pele	Sim	1	16,7	11	24,4	12	23,5	0,999
	Não	5	83,3	34	75,6	39	76,5	0,618
Dificuldades Respiratórias	Sim	0	0,0	3	6,7	3	5,9	0,681
	Não	6	100,0	42	93,3	48	94,1	----

Testes: Teste de Qui-quadrado da Independência com Correção de Continuidade de Yates; Teste Exato de Fisher; Odds Ratio

Como constatamos, não se registaram alterações significativas entre a presença de sintomas/doenças da SED nos ocupantes e o tipo de exposição (presença ou ausência de risco) ao poluente PM_{10} ($p>0,05$).

Contudo no que diz respeito ao tipo de associação (risco) verificamos que as pessoas que estiveram expostas a valores de PM_{10} classificados com “presença de risco” apresentaram 4 vezes mais a possibilidade de sofrerem de “Pieira-Assobios” comparativamente às pessoas não expostas [OR= 4,3; I.C._{95%}=0,328-56,346]. Padrão semelhante ocorreu ao nível do sintoma “tosse” [OR= 2,0; I.C._{95%}=0,315-12,693], “Dores de Cabeça” [OR= 1,813; I.C._{95%}=0,327-10,049], “Tonturas” e “Asma” [OR= 1,60; I.C._{95%}=0,154-16,605].

No que diz respeito ao poluente COV também procurámos realizar a mesma estratégia de análise na associação entre a exposição a este (presença ou ausência de risco) e a presença/ausência de determinados sintomas/doenças da SED por parte dos ocupantes. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.55: Relação entre os sintomas/doenças de SED e o risco de exposição a COV

		COV						p-value; OR
		Presença Risco		Ausência Risco		Total		
		n	%	n	%	n	%	
Asma	Sim	2	15,4	4	10,5	6	11,8	0,999
	Não	11	84,6	34	89,5	45	88,2	1,545
Bronquite Crónica	Sim	1	7,7	1	2,6	2	3,9	0,449
	Não	12	92,3	37	97,4	49	96,1	3,083
Pieira-Assobios	Sim	1	7,7	2	5,3	3	5,9	0,595
	Não	12	92,3	36	94,7	48	94,1	1,500
Crise de Espirros, corrimento nasal ou nariz entupido	Sim	7	53,8	11	28,9	18	35,3	0,199
	Não	6	46,2	27	71,1	33	64,7	2,864
Alergias	Sim	4	30,8	15	39,5	19	37,3	0,820
	Não	9	69,2	23	60,5	32	62,7	0,681
Dores de Cabeça	Sim	6	46,2	13	34,2	19	37,3	0,662
	Não	7	53,8	25	65,8	32	62,7	1,648
Tonturas	Sim	3	23,1	3	7,9	6	11,8	0,333
	Não	10	76,9	35	92,1	45	88,2	3,500
Irritação das Mucosas	Sim	4	30,8	9	23,7	13	25,5	0,891
	Não	9	69,2	29	76,3	38	74,5	1,432
Sensibilidade a Odores	Sim	4	30,8	12	31,6	16	31,4	0,999
	Não	9	69,2	26	68,4	35	68,6	0,963
Tosse	Sim	4	30,8	7	18,4	11	21,6	0,587
	Não	9	69,2	31	81,6	40	78,4	1,968
Secura dos Olhos e Pele	Sim	4	30,8	8	21,1	12	23,5	0,738
	Não	9	69,2	30	78,9	39	76,5	1,667
Dificuldades Respiratórias	Sim	1	7,7	2	5,3	3	5,9	0,595
	Não	12	92,3	36	94,7	48	94,1	1,500

Testes: Teste de Qui-quadrado da Independência com Correção de Continuidade de Yates;
Teste Exato de Fisher; Odds Ratio

À semelhança das análises estatísticas anteriores não se registaram diferenças estatisticamente significativas da frequência de respostas dos ocupantes no que diz

respeito aos sintomas/doenças da SED e a exposição ou não a valores classificados de risco ($p>0,05$).

Contudo, constatamos que a exposição a valores de COV classificados de risco em indivíduos com sintoma de “Tonturas” foi sensivelmente 4 vezes superior comparativamente aos indivíduos que não tinham esse mesmo sintoma e não estiveram expostos [OR= 3,50; I.C._{95%}=0,610-20,097].

Também os ocupantes que estiveram expostos a níveis de risco elevado de COV e que manifestaram o sintoma “Bronquite crónica” apresentaram 3 vezes superior comparativamente aos ocupantes não expostos e sem o sintoma [OR= 3,083; I.C._{95%}=0,179-53,158]. Perfil semelhante ocorreu em ocupantes que indicaram sofrer de “Crise de Espirros, corrimento nasal ou nariz entupido” [OR= 2,864; I.C._{95%}=0,783-10,469]. Também ocorreu um padrão de risco semelhante aos anteriores, mas de menor magnitude, ao nível da presença de “Asma”, “Pieira-Assobios”, “Dores de Cabeça”, “Irritação das Mucosas”, “Tosse”, “Secura dos olhos e pelo” e “Dificuldades respiratórias”.

Por fim, ao nível do CH₂O também procurámos realizar a mesma estratégia de análise na associação entre a exposição a este (presença ou ausência de risco) e a presença/ausência de determinados sinais e sintomas da SED por parte dos ocupantes. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.56: Relação entre os sintomas/doenças de SED e o risco de exposição a COV's

		CH2O						
		Presença Risco		Ausência Risco		Total		
		n	%	n	%	n	%	p-value; OR
Asma	Sim	2	15,4	4	10,5	6	11,8	0,999
	Não	11	84,6	34	89,5	45	88,2	1,545
Bronquite Crónica	Sim	1	7,7	1	2,6	2	3,9	0,449
	Não	12	92,3	37	97,4	49	96,1	3,083
Pieira-Assobios	Sim	1	7,7	2	5,3	3	5,9	0,595
	Não	12	92,3	36	94,7	48	94,1	1,500
Crise de Espirros, corrimento nasal ou nariz entupido	Sim	7	53,8	11	28,9	18	35,3	0,199
	Não	6	46,2	27	71,1	33	64,7	2,864
Alergias	Sim	4	30,8	15	39,5	19	37,3	0,820
	Não	9	69,2	23	60,5	32	62,7	0,681
Dores de Cabeça	Sim	6	46,2	13	34,2	19	37,3	0,662
	Não	7	53,8	25	65,8	32	62,7	1,648
Tonturas	Sim	3	23,1	3	7,9	6	11,8	0,333
	Não	10	76,9	35	92,1	45	88,2	3,500
Irritação das Mucosas	Sim	4	30,8	9	23,7	13	25,5	0,891
	Não	9	69,2	29	76,3	38	74,5	1,432
Sensibilidade a Odores	Sim	4	30,8	12	31,6	16	31,4	0,999
	Não	9	69,2	26	68,4	35	68,6	0,963
Tosse	Sim	4	30,8	7	18,4	11	21,6	0,587
	Não	9	69,2	31	81,6	40	78,4	1,968
Secura dos Olhos e Pele	Sim	4	30,8	8	21,1	12	23,5	0,738
	Não	9	69,2	30	78,9	39	76,5	1,667
Dificuldades Respiratórias	Sim	1	7,7	2	5,3	3	5,9	0,595
	Não	12	92,3	36	94,7	48	94,1	1,500

Testes: Teste de Qui-quadrado da Independência com Correção de Continuidade de Yates;
Teste Exato de Fisher; Odds Ratio

Segundo os resultados expressos no quadro anterior, não se registaram diferenças estatisticamente significativas da frequência de respostas dos ocupantes no que diz

respeito aos *sinais e sintomas da SED* e a exposição ou não a valores classificados de risco ao nível do CH₂O ($p>0,05$).

No entanto, a exposição a valores de CH₂O revelou o mesmo padrão de risco face ao sintoma de “Tonturas” [OR= 3,50; I.C._{.95%}=0,610-20,097] como ocorrera quando se explorou a presença de risco ao nível das COV. Também o risco foi igual nas sintomatologias como “Bronquite crónica” [OR= 3,083; I.C._{.95%}=0,179-53,158], “Crise de Espirros, corrimento nasal ou nariz entupido” [OR= 2,864; I.C._{.95%}=0,783-10,469].

Outros sintomas/doenças revelaram um padrão de risco semelhante aos anteriores (quando avaliado o poluente COV), mas de menor magnitude, ao nível da presença de “Asma”, “Pieira-Assobios”, “Dores de Cabeça”, “Irritação das Mucosas”, “Tosse”, “Secura dos olhos e pelo” e “Dificuldades respiratórias”.

5.4.5 Relação entre o Conforto térmico percecionado e os sintomas/doenças do edifício doente

Procuramos neste momento avaliar a relação do conforto térmico percecionado pelos ocupantes dos vários espaços avaliados com a presença ou ausência de sintomas/doenças da SED. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.57: Relação entre os sintomas de SED e os espaços avaliados

Quadro 3.37: Relação entre os sintomas de SED e os espaços avaliados								
		Sintomas da Síndrome do Edifício Doente						<i>p-value</i> ; OR I.C. _{.0,95} [LI;LS]
		Presença de Sintomas		Ausência de Sintomas		Total		
		Conforto Térmico	n	%	n	%	n	
Global	Sim	22	61,1	12	80,0	34	66,7	0,165 0,393 [0,094-1,644]
	Não	14	38,9	3	20,0	17	33,3	
	Total	36	100,0	15	100,0	51	100,0	
Único Local	Sim	10	66,7	6	85,7	16	72,7	0,349 0,333 [0,031-3,579]
	Não	5	33,3	1	14,3	6	27,3	
	Total	15	100,0	7	100,0	22	100,0	
Vários Locais	Sim	12	57,1	6	75,0	18	62,1	0,330 0,444 [0,072-2,740]
	Não	9	42,9	2	25,0	11	37,9	
	Total	21	100,0	8	100,0	29	100,0	

Testes: Teste de Qui-quadrado da Independência com Correção de Continuidade de Yates;
Teste Exato de Fisher; Odds Ratio

Não se registaram diferenças estatisticamente significativas de respostas dos ocupantes no que diz respeito ao conforto térmico e a presença de sintomas/doenças da SED ($p>0,05$) quer no geral, quer num único ou mais do que um local de trabalho/formação.

No entanto, podemos ainda assim afirmar que, no global (totalidade da amostra), constatamos que a presença de sinais ou sintomas da síndrome do edifício doente com a presença de conforto térmico foi 0,393 vezes superior comparativamente aos ocupantes que tinham ausência de conforto térmico, isto é, a percepção de conforto revelou um efeito protetor face à ocorrência de sintomas/doenças do edifício doente. Padrão semelhante ocorreu em ocupantes que predominantemente ocupavam quer um espaço quer dois ou mais espaços físicos.

Por fim, procurámos descrever a frequência de respostas de percepção de conforto térmico em função dos sintomas do SED ajustado aos locais avaliados. Vejamos o quadro seguinte:

Quadro 5.58: Relação entre os sintomas/doenças de SED e o conforto térmico por espaços avaliados

Local de Trabalho/Ensino Predominante				Sintomas da SED		Total
				Presença de Sintomas	Ausência de Sintomas	
Laboratório de Química	Conforto Térmico	Sim	n	4	1	5
			% coluna	80,0%	100,0%	83,3%
	Não	n		1	0	1
			% coluna	20,0%	0,0%	16,7%
	Total	n		5	1	6
			% coluna	100,0%	100,0%	100,0%
Laboratório de Microbiologia	Conforto Térmico	Sim	n	4	5	9
			% coluna	50,0%	100,0%	69,2%
	Não	n		4	0	4
			% coluna	50,0%	0,0%	30,8%
	Total	n		8	5	13
			% coluna	100,0%	100,0%	100,0%
Laboratório de Solos	Conforto Térmico	Sim	n	2	0	2
			% coluna	100,0%	0,0%	66,7%
	Não	n		0	1	1
			% coluna	0,0%	100,0%	33,3%
	Total	n		2	1	3
			% coluna	100,0%	100,0%	100,0%
Total	Conforto Térmico	Sim	n	22	12	34
			% coluna	61,1%	80,0%	66,7%
	Não	n		14	3	17
			% coluna	38,9%	20,0%	33,3%
	Total	n		36	15	51
			% coluna	100,0%	100,0%	100,0%

Capítulo VI – Discussão

6.1 Monitorização da qualidade do ar

A má qualidade do ar em ambiente profissional, já o referimos, pode levar ao desenvolvimento ou agravamento de vários problemas de saúde nos trabalhadores e pode contribuir negativamente para a sua produtividade (Besa, 2016). A inadequada QAI nestes espaços afeta a saúde e bem-estar dos estudantes e dos profissionais (docentes, investigadores e pessoal não docente).

Nesta investigação, identificámos vários locais objeto de estudo com um ou vários parâmetros acima da concentração máxima de referência definida legalmente, designadamente, o material particulado analisado - PM_{10} e $PM_{2.5}$ – os COV e o CH_2O .

6.1.1 Avaliação do Dióxido de Carbono e do Monóxido de Carbono

Nesta investigação, os resultados menos significativos, relevantes ou preocupantes, referiram-se às concentrações de CO_2 e CO, as quais se apresentaram, de forma expressiva, inferiores ao limiar de proteção para os ocupantes dos diferentes espaços avaliados ao longo dos três períodos do dia analisados.

No que concerne ao CO_2 , constata-se o valor máximo registado foi de 934 ppm, aquém do valor limiar de proteção que é de 1250 ppm.

A principal fonte de CO_2 , já o dissemos, resulta do metabolismo biológico dos ocupantes dos espaços interiores pelo que os valores deste poluente atmosférico apresentam-se geralmente mais elevados em áreas de edifícios nos quais os ocupantes permanecem mais tempo, estando diretamente relacionados com o número de ocupantes por metro quadrado (Carmo & Prado, 1999; Madureira, 2005). Se tivermos em consideração que encontrámos nos laboratórios, durante o período da recolha de dados, em média, duas pessoas a trabalhar simultaneamente, podemos inferir não ser expectável que os valores de CO_2 ultrapassassem os limiares de proteção, conforme verificámos. Acresce notar que as baixas concentrações de CO_2 também evidenciam uma boa QAI, nomeadamente, uma boa renovação do ar interior, sendo que valores acima de 1000,0 ppm indicam, habitualmente, uma insuficiente taxa de renovação do ar (Ginja, Borrego, Coutinho, Nunes, & Morais-Almeida, 2012).

No que concerne ao CO, pudemos verificar que o valor máximo atingido foi de 7,6 ppm. Do que nos foi possível observar, inferimos que os valores atingidos próximos a 6 ppm estão relacionados com a utilização de instrumentos de combustão a gás, tais como o bico de bunsen - como pudemos presenciar nos momentos em que estes valores foram atingidos -, os quais são potencialmente geradores de concentrações de CO próximas de 6 ppm (Madureira, 2005).

Este resultado demonstra que a utilização destes equipamentos deve ser realizada com uma correta extração do ar interior e, em alguns casos, dependendo da matéria que está a ser sujeita a aquecimento/combustão, deverá ser utilizada uma *hotte*. No caso da utilização do *bico de bunsen* não se recomenda a existência de janelas ou portas abertas que permitam uma boa circulação do ar, já que esta ventilação pode descontrolar a chama produzida por este equipamento (Daniels, 2018).

6.1.2 Avaliação do material particulado

No que diz respeito às concentrações médias de PM_{2.5}, constatou-se que a concentração média no interior dos Laboratórios de Química, Microbiologia I e II excedeu, de forma significativa, o limiar de proteção para os ocupantes. O mesmo não se verificou no Laboratório de solos. Ao analisarmos cada um dos espaços avaliados, verificou-se que o Laboratório de Química foi aquele que apresentou, em média, concentrações de PM_{2.5} mais elevadas. É de notar que estes valores foram altamente majorados pela circunstância da medição ocorrida neste laboratório, na 2.^a semana de medições, ter coincidido com a realização de um processo conducente à determinação do teor de fibra em alimentos. Apesar da *hotte* existente neste laboratório não servir o propósito de extrair o material particulado libertado pelo forno utilizado neste processo, este equipamento de extração foi ligado para forçar a ventilação do espaço. Ainda assim, os valores encontrados nesta ocasião foram extremamente altos, tendo atingido o valor máximo de 3,330 mg/m³.

Relativamente às PM₁₀, poder-se-á observar um comportamento em linha com o que foi dito relativamente às PM_{2.5}. Também aqui, constatou-se que a concentração média no interior dos Laboratórios de Química, Microbiologia I e II excedeu, de forma significativa o limiar de proteção para os ocupantes. Também neste parâmetro o processo acima descrito contribuiu de forma contundente para o valor máximo apresentado no Laboratório de Química.

De referir, ainda, que se por mero exercício académico eliminássemos a recolha efetuada na 2.^a semana, ao meio-dia, concluir-se-ia que nunca os limiares de proteção de PM_{2.5} e PM₁₀ foram ultrapassados.

Conforme referenciado em outros estudos, as concentrações médias destes poluentes podem ser explicadas por processos de queima/combustão muito frequentes na utilização comum dos laboratórios que excederam os limites de proteção (Borrego & Neuparth, 2008). Estes resultados evidenciam a importância de um acompanhamento contínuo de modo a controlar as concentrações de PM_{2.5} e PM₁₀ nos laboratórios de ensino, tendo em consideração os efeitos adversos que podem ter sobre a saúde, a concentração e desempenho dos ocupantes (A. M. C. Ferreira & Cardoso, 2013).

6.1.3 Avaliação dos COVS

Em relação à concentração de COV, constatou-se que nos laboratórios avaliados existe risco significativo para a saúde dos ocupantes, uma vez que o valor médio deste parâmetro revelou ser superior, apesar de não significativo, ao limiar de proteção estabelecido legalmente. Este risco é sobretudo maior ao final do dia, como pudemos observar, o se explica pelo facto dos COV resultarem da atividade desenvolvida no laboratório, durante a jornada diária.

Foi nos Laboratórios de Microbiologia I e Microbiologia II que se apresentaram valores médios significativamente mais elevados ao permitido por lei (COV>600.00ppb). O Laboratório de Microbiologia I apresentou, em média, os valores mais altos de COV: 1119,44 ppb superiores ao limiar de proteção.

Não podemos deixar de notar que no dia em que foram atingidos os valores máximos no Laboratório de Microbiologia I, decorriam trabalhos de pintura das paredes do corredor que dá acesso a este laboratório, indiciando a utilização de solventes orgânicos nas tintas. Paradoxalmente, o momento em que os ocupantes dos laboratórios objeto de estudo estiveram mais expostos à presença de risco foi, assim, determinado por fatores externos à atividade do laboratório.

Os COV são gases emitidos por sólidos ou líquidos e têm origem diversa que vai desde os materiais dos próprios edifícios, aos equipamentos e até aos próprios ocupantes (Ramos, Dias, Paixão, Cano, & Proença, 2012). Existem estudos que sugerem a distinção entre quatro níveis de concentração de COV: 0,2 mg/m³ (nível de conforto, em

que não é expectável a existência de odores, irritação ou desconforto); 0,2 a 3 mg/m³ (possível existência de sensação de irritação e desconforto); 3 a 25 mg/m³ (desconforto expectável e outras queixas) (Hess-Kosa, 2002; Loureiro, 2015).

Obviamente, os laboratórios de investigação com grande número de produtos químicos e garrafas de solventes expostos em prateleiras, tem grande propensão à libertação de COV. Verter pequenos volumes de solventes residuais (uma prática habitual na maioria dos laboratórios) ou simplesmente deixar um frasco aberto durante um longo período de tempo pode aumentar substancialmente os níveis de COV no ar (Valavanidis & Vratista, 2006).

6.1.4 Avaliação do formaldeído

Da análise dos valores médios de concentração de CH₂O, constatou-se que os Laboratórios de Microbiologia I e II apresentaram valores médios de CH₂O bastante acima do recomendado na legislação em vigor, com especial expressão no início da manhã e meio-dia, no primeiro laboratório, e ao meio-dia no segundo. O Laboratório de Microbiologia I revelou níveis significativamente superiores ao permitido por lei, ou seja, superiores a 0,08 ppm. Tal facto pode ser explicado pela utilização de reagentes os quais, pudemos constatar, nem sempre são manipulados na *hotte*, em observância das boas práticas. No momento da medição efetuada no Laboratório de Microbiologia I, onde foram detetados os valores mais altos de CH₂O, observamos que estava a ser utilizado o reagente Panreac 2908, um reagente de Kovacs, cuja composição inclui componentes orgânicos e inorgânicos, com 10% de Ácido Clorídrico e 50% de Butanol, com a seguinte classificação quanto aos perigos (Regulamento (CE) N.º 1272/2008): Flam. Liq. 2; Acute Tox. 4; STOT SE 3; Skin Irrit. 2; Eye Dam 1; STOT SE 3. Também aqui vale o que dissemos no ponto anterior. A diversidade de produtos manuseados nos laboratórios objeto de estudo, por vezes sem atender a todas as recomendações de prudência, é propensa à libertação de poluentes atmosféricos, neste caso, CH₂O (Valavanidis & Vratista, 2006). Nestes laboratórios, existem um grande número de fontes potencialmente emissoras deste poluente, especialmente, no Laboratório de Química e nos Laboratórios de Microbiologia I e II, onde são frequentemente utilizados reagentes, como o que descrevemos acima, e outros produtos classificados como perigosos para a saúde.

É importante realçar que o CH₂O - classificado como carcinogénico humano pela IARC - é um composto volátil que é libertado a partir de uma variedade de fontes, incluindo

materiais de edifícios, produtos de consumo e mobiliário (A. Ferreira, 2014). Mais correntemente, são fontes emissoras deste poluente, por exemplo, desinfetantes, pesticidas, produtos derivados da madeira, madeira prensada, contraplaca do não selado, isolamento de tubagens de espuma de ureia, tecidos, cola, tintas, carpetes, mobiliário ou papel químico. (Agência Portuguesa do Ambiente, 2009) Algumas destas potenciais fontes foram encontradas nos laboratórios mas observando o comportamento dos valores recolhidos, concluímos que estas fontes não foram expressivas no computo dos valores atingidos, já que o momento temporal que revelou uma estimativa média de CH_2O significativamente superior face ao permitido pela legislação em vigor fora ao “*meio-dia*” ($p < 0,05$), o que se compreende se tivermos em consideração que ao meio-dia já decorreram atividades laboratoriais, com a utilização de produtos classificados como perigosos.

6.1.5 Ventilação

A ventilação é uma das principais ferramentas no controlo da qualidade do ar, sendo considerada um dos principais fatores que interferem na QAI (Bernardes, 2009).

A ventilação é um processo de renovação de ar que vem do exterior para o interior de um edifício. É um fator relevante na diluição de odores e limitação da concentração de CO_2 e de outros poluentes do ar, tais como poeiras, fumos e COV (Bernardes, 2009).

No entanto, apesar da ventilação pressupor a renovação do ar, tal não significa que esta renovação elimine completamente os agentes perigosos da atmosfera, sendo mais correto afirmar que diminui a concentração no ar de agentes poluentes (A. Ferreira, 2014).

Face aos resultados encontrados no nosso estudo, foi, aliás, o que pudemos constatar.

Na esmagadora maioria das recolhas efetuadas, observamos que a ventilação dos laboratórios era natural, com a abertura de portas e janelas. Apesar dos laboratórios estarem equipados com sistemas de ventilação mecânica, estes só em casos específicos são acionados, como acontece nas manipulações que são feitas na *hotte*.

Verificámos que no interior dos laboratórios analisados o valor médio da velocidade do ar foi 0,015 m/s.

Da observação efetuada, constatámos que ventilação natural e os sistemas de ventilação mecânicos nem sempre foram capazes de evitar concentrações de poluentes, acima do limiar de proteção.

6.1.6 Temperatura e humidade relativa do ar

A temperatura e a humidade do ar interior são também fatores relevantes para a saúde e bem-estar dos seus ocupantes. Estes fatores podem contribuir para o desenvolvimento e propagação de contaminantes microbiológicos, bactérias, fungos e ácaros (A. Ferreira, 2014).

Da análise dos valores médios de T° encontrados no interior dos laboratórios, constatámos que apesar de todos os laboratórios, em algum momento, terem apresentado valores fora do intervalo de referência estabelecido por lei, essas diferenças são ténues. A temperatura máxima dentro dos laboratórios registada foi de 23° C e a mínima foi de 16,4 C, ambas no Laboratório de Solos.

Relativamente à Hr, o valor médio apurado foi de 47,9%, verificando-se que 62,5% das medições realizadas revelaram valores inferiores aos valores de referência estabelecidos por lei, com maior prevalência no laboratório de Solos e Laboratório de Química.

6.2 Relação entre a qualidade do ar e a saúde dos ocupantes

A maioria dos poluentes a que as pessoas estão expostas dentro de edifícios constitui um fator adicional de risco no desenvolvimento de diversas patologias (Daisey, Angell, & Apte, 2003; Mendell, Mark J.Heath, 2005). Os sintomas mais comuns incluem irritação nos olhos, nariz e garganta, rinite alérgica, sintomas de gripe, dores de cabeça, dificuldades de concentração, fadiga, pele seca ou comichão, dificuldade em respirar e náuseas, e ainda, sensação de mal estar (A. Ferreira, 2014). Os sintomas de algumas doenças podem ser agravados pela exposição a poluentes patologias (Daisey *et al.*, 2003; Mendell, Mark J.Heath, 2005).

Assim, propusemo-nos avaliar os efeitos da poluição do ar interior na saúde dos profissionais e estudantes que, habitualmente, frequentam estes espaços. Para o efeito, aplicámos um questionário tendo em vista conhecer os sintomas e doenças percecionados pelo ocupantes destes espaços (anexo II). Podemos assim constar que 15% das respostas obtidas pelos ocupantes indicaram sofrer de “rinite alérgica”, seguida

pelos sintomas de “asma”, “bronquite”, “alergias”, “tiroidismo”, “problemas de coluna” e “varizes” (10%). Quanto à prevalência da doença com maior expressão amostral nosso estudo foi a “rinite alérgica” (n=3; 21,4%).

No que concerne a sintomas sentidos pelos profissionais ou estudantes quando estão no interior dos laboratórios, prevaleceram as “alergias” e “dores de cabeça” (52,8%), “crises de espirros, corrimento nasal ou nariz entupido” (50%), “sensibilidade a Odores” (44,4%) e “irritação das mucosas” (36,1%).

Procuramos avaliar em seguida a relação dos sinais ou sintomas da SED e a eliminação ou redução destes quando os ocupantes se deslocavam para o exterior do mesmo edifício, podendo observar uma associação estatisticamente significativa entre a presença de sintomas da SED e a diminuição destes mesmos sintomas (100%) quando os ocupantes se deslocavam para o exterior do edifício ($p<0,05$).

Também do total de ocupantes que manifestaram sintomas da SED (n=33; 80,5%), 39,4% indicou deixar de sentir esses mesmos sintomas quando vinham para o exterior do edifício.

Segundo a OMS, estamos perante a existência de SED num edifício quando mais de 20% dos seus ocupantes manifestam sintomas como cansaço, dores de cabeça, tonturas, vômitos, irritação das mucosas e sensibilidade a odores e deixam de se manifestar quando se deslocam para o exterior do edifício (Lacerda, Leroux, & Morata, 2005; Madureira, 2005).

No que se refere à relação entre os sintomas ou doenças e a exposição a concentrações de CO e CO₂, verificou-se que a maioria dos ocupantes que revelaram possuir sintomas/doenças não se encontravam numa situação de risco.

Verificamos, ainda, que os ocupantes que estiveram expostos a valores de PM₁₀ classificados com “presença de risco” apresentaram 4 vezes mais a possibilidade de sofrerem de “Pieira-Assobios” comparativamente às pessoas não expostas. Padrão semelhante ocorreu ao nível do sintoma “tosse”, “Dores de Cabeça”, “Tonturas” e “Asma”.

Relativamente às PM_{2,5}, verificámos que o sintoma “alergia” foi ligeiramente superior nos ocupantes que estiveram na presença de risco. [OR= 1,2; I.C._{.95%}=0,101-14,195]

Na globalidade, os resultados obtidos para as PM_{10} e $PM_{2.5}$ não permitiram registrar um padrão de associação entre sinais ou sintomas da SED e a presença ou ausência de risco para a saúde.

No que concerne às COV e CH_2O observámos existir um padrão idêntico entre a exposição a estes poluentes e os sintomas apresentados pelos ocupantes dos laboratórios. Os indivíduos que estiveram expostos a níveis de risco de COV ou CH_2O e que apresentaram sintoma de “Tonturas” apresentaram valores sensivelmente quatro vezes superiores comparativamente aos indivíduos que não tinham esse mesmo sintoma e não estiveram expostos.

Também ocorreu um padrão de risco semelhante aos anteriores, mas de menor magnitude, ao nível da presença de “asma” “Pieira-Assobios”, “Dores de Cabeça”, “Irritação das Mucosas”, “Tosse”, “Secura dos olhos e pelo” e “Dificuldades respiratórias”.

Por último, no que se refere à relação entre a presença ou ausência de sintomas/doenças e os níveis de conforto dos trabalhadores no que se respeita a T^o e Hr, verificou-se que, no global (totalidade da amostra), a presença de sinais ou sintomas da SED com a presença de conforto térmico foi 0,393 vezes superior comparativamente aos ocupantes que tinham ausência de conforto térmico, isto é, a percepção de conforto revelou um efeito protetor face à ocorrência de sinais ou sintomas da SED.

Capítulo VII – Conclusão

Se a monitorização da QAI, de uma forma geral, é essencial para garantir que o bem-estar e a saúde dos seus ocupantes não são comprometidos por ação de agentes poluentes em espaços interiores (Sanguessuga, 2012), no caso de espaços laboratoriais esta importância ganha especial relevância, atento o tipo e a diversidade de produtos que são utilizados nestes espaços, alguns dos quais classificados como produtos perigosos para a saúde (Valavanidis & Vatista, 2006). Acresce notar que estes produtos são por vezes utilizados sem atender a todas as recomendações de prudência, potenciando o risco por exposição, como pudemos constatar em alguns momentos do nosso estudo.

Os resultados desta investigação evidenciam a concentração de poluentes atmosféricos, designadamente, COV, CH₂O e material particulado (PM_{2.5} e PM₁₀), acima do limiar de proteção. Estas situações ocorreram predominantemente no período do meio-dia e final do dia.

Considerando as observações feitas nos locais durante as avaliações, associam-se estes resultados a uma fraca perceção do risco que condiciona a alteração de práticas e melhoria das condições de trabalho, tal como foi já observado no estudo de Pires *et al.* sobre exposição profissional a CH₂O em laboratórios de anatomia patológica (Pires *et al.*, 2019).

Os resultados sugerem que a ventilação natural e os sistemas de ventilação mecânicos nem sempre foram capazes de evitar concentrações dos poluentes COV, CH₂O, PM_{2.5} e PM₁₀, acima do limiar de proteção. Nestes espaços, deve ser assegurada uma ventilação adequada para garantir que a saúde dos ocupantes não é afetada, ou mesmo para evitar condições perigosas, como um acúmulo de gases inflamáveis (Chien, Chang, & Lo, 2009).

No entanto, não podemos deixar de assinalar que se todos os procedimentos com propensão à libertação de poluentes atmosféricos fossem realizados com recurso a uma hotte, os resultados obtidos seriam outros, por certo, menos preocupantes (Chien *et al.*, 2009).

Verificámos, ainda, que 39,4% dos ocupantes dos laboratórios que percecionaram sintomas/doenças, como crise de espírrros, dores de cabeça, tonturas, irritações das mucosas, sensibilidade a odores no edifício, no interior dos laboratórios, deixaram de

os manifestar quando se deslocavam para o exterior o que indica que estamos perante a SED. Tal constatação evidencia a necessidade de adotar medidas. A redução da exposição aos poluentes avaliados começa na formação e sensibilização de todos os envolvidos, de modo a que tenham uma adequada perceção do risco (Pires *et al.*, 2019). Além disso, é necessário que as instalações e os equipamentos sejam adequados às tarefas desenvolvidas, volume de trabalho e produtos manuseados e que os procedimentos de trabalho acautelem a segurança dos ocupantes dos laboratórios (Pires *et al.*, 2019).

É importante, ainda, melhorar os sistemas de renovação de ar, a fim de torná-la mais eficaz e eficiente. No entanto, é necessário também modificar e mudar atitudes e comportamentos por parte dos ocupantes dos edifícios, realizando o simples hábito de abrir as janelas com frequência (A. Ferreira & Cardoso, 2014).

Teoricamente, se os procedimentos fossem sempre realizados com o apoio de um sistema de exaustão e mantida uma boa ventilação do espaço, os ocupantes dos laboratórios dificilmente seriam expostos a concentrações de poluentes atmosféricos que representam risco para a saúde. No entanto, esses sistemas nem sempre estão disponíveis e quando estão, nem sempre são utilizados, tal como concluiu também Chien *et al.*, no seu estudo “Assessment of Air Change Rates in Chemical Laboratories” (Chien *et al.*, 2009).

É de notar, contudo, que a origem de concentrações de poluentes atmosféricos acima do limiar de proteção também teve como causa fatores externos às atividades desenvolvidas dentro dos laboratórios, como foi exemplo uma pintura ocorrida num corredor que dava acesso ao Laboratório de Microbiologia I.

Como refere Loureiro no seu trabalho sobre Qualidade do Ar Interior em Lares de Idosos e a Exposição Ocupacional aos Poluentes Atmosféricos “A QAI deverá ser uma preocupação prioritária para o governo e para todos os profissionais que trabalham na área da Segurança e Saúde do Trabalho, que devem realizar ações que tenham como finalidade preservar e melhorar a qualidade do ar, de modo a evitar que os poluentes atmosféricos atinjam concentrações que possam colocar em risco a saúde dos trabalhadores.” (Loureiro, 2015)

Até porque a poluição do ar é, em grande parte, um risco de saúde evitável e a sua redução produz resultados substanciais e quase imediatos na saúde, como se conclui num estudo efetuado pelo Comité Ambiental do Fórum das Sociedades Respiratórias

Internacionais, publicado na *Annals of the American Thoracic Society* (Schraufnagel et al., 2019).

Bibliografia

- Agência para a Energia. (2009). *Nota Técnica - NT-SCE - 02 - Metodologia para auditorias periódicas de QAI em edifícios existentes no Âmbito do RSECE*. 1–50.
- Agência Portuguesa do Ambiente. (2009). *Qualidade do Ar em Espaços Interiores*. In *Agência Portuguesa do Ambiente*. Retrieved from http://www.cienciaviva.pt/img/upload/Manual_QAI_APA_Maio2010.pdf
- Agência Portuguesa do Ambiente. (2019a). *Índice de Qualidade do Ar | Relatório do Estado do Ambiente*. Retrieved December 26, 2019, from <https://rea.apambiente.pt/content/índice-de-qualidade-do-ar>
- Agência Portuguesa do Ambiente. (2019b). *Qualidade do Ar Interior*. Retrieved from <https://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=82&sub2ref=319&sub3ref=339>
- Alavanja, M., Baron, J. A., Brownson, R. C., Buffler, P. A., DeMarini, D. M., Djordjevic, M. V., ... Zaridze, D. (2004). Tobacco smoke and involuntary smoking. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*, 83, 1–1413. IARC Press.
- ANSI/ASHRAE. (2017). ANSI/ASHRAE Standard 55-2017 : Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. *ASHRAE Inc.*, 2017, 66. <https://doi.org/ISSN 1041-2336>
- Apte, M., Fisk, W., & Daisey, J. (2000). Associations between indoor CO2 concentrations and sick building syndrome symptoms in U.S. office buildings: An analysis of the 1994-1996 BASE study data. *Indoor Air*, 10(4), 246–257. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0668.2000.010004246.x>
- Bernardes, Â. C. da C. (2009). *Análise dos métodos de auditoria à qualidade do ar interior RSECE*. 212. Retrieved from <http://biblioteca.sinbad.ua.pt/teses/2010000399>
- Bernstein, J. A., Alexis, N., Bacchus, H., Bernstein, I. L., Fritz, P., Horner, E., ... Tarlo, S. M. (2008). The health effects of nonindustrial indoor air pollution. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 121(3), 585–591. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2007.10.045>
- Besa, B. E. S. A. (2016). *70 % OF OFFICE WORKERS COMPLAIN ABOUT POOR AIR QUALITY*. Retrieved from https://www.thebesa.com/news/70-of-office-workers-complain-about-poor-air-quality/#_ednref1
- Borrego, C., & Neuparth, N. (2008). *Saúde e o ar que respiramos: um caso de estudo em Portugal*.
- Burge, P. S. (2004). *Sick building syndrome*. 185–190. <https://doi.org/10.1136/oem.2003.008813>
- Carmo, A. T., & Prado, R. T. A. (1999). *Qualidade do Ar Interno - Texto Técnico. Escola Politécnica Da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil*, 35.

- Carvalho, R., Coelho, D., Ferreira, C., & Nunes, T. (2009). *A Monitorização da Qualidade do Ar Interior (QAI) em Portugal - Estudo comparativo de metodologias de amostragem e medição de QAI*.
- CDC. (2017). QuickStats: Number of Deaths Resulting from Unintentional Carbon Monoxide Poisoning, * by Month and Year — National Vital Statistics System, United States, 2010–2015. *MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report*, 66(8), 234. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6608a9>
- Chien, Y. C., Chang, C. P., & Lo, C. P. (2009). Assessment of air change rates in chemical laboratories. *Indoor and Built Environment*, 18(2), 162–167. <https://doi.org/10.1177/1420326X08101725>
- Daisey, M., Angell, J., & Apte, G. (2003). Indoor air quality , ventilation and health symptoms in schools : an analysis of existing information. *Indoor Air*, 53–64.
- Daniels, R. (2018). *BB101_Guidelines_on_ventilation_thermal_comfort_and_indoor_air_quality_in_schools (1)*. Retrieved from <https://www.gov.uk/government/publications/building-bulletin-101-ventilation-for-school-buildings>
- Decreto-Lei n.º 243/86, de 20 de agosto, . , Pub. L. No. Diário da República: I Série, 190 (1986).
- DuPont, A. (2018). Improving and monitoring air quality. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(15), 15253–15263. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1897-2>
- EEA. (2019). Air quality in Europe — 2015 report. In *Report*. <https://doi.org/10.2800/62459>
- EPA. (2014). Factors Affecting Indoor Air Quality. *Niosh*, 5–12.
- Fang, L., Wyon, D., Clausen, G., & Fanger, P. (2004). *Impact of indoor air temperature and humidity in an office on perceived air quality , SBS symptoms and performance* . <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2004.00276.x>
- Ferreira, A. (2014). *Qualidade do ar interior em escolas e saúde das crianças*. Universidade de Coimbra.
- Ferreira, A., & Cardoso, S. M. (2014). Effects of indoor air quality on respiratory function of children in the 1st cycle of basic education of coimbra, Portugal. *Occupational Safety and Hygiene II - Selected Extended and Revised Contributions from the International Symposium Occupational Safety and Hygiene, SHO 2014*, 347–350. <https://doi.org/10.1201/b16490-62>
- Ferreira, A. M. C., & Cardoso, S. M. (2013). Exploratory study of air quality in elementary schools, Coimbra, Portugal. *Revista de Saude Publica*, 47(6), 1059–1068. <https://doi.org/10.1590/S0034-8910.2013047004810>
- Fiore, A. M., Naik, V., & Leibensperger, E. M. (2015). Air quality and climate connections. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 65(6), 645–685. <https://doi.org/10.1080/10962247.2015.1040526>

- Ginja, J., Borrego, C., Coutinho, M., Nunes, C., & Morais-Almeida, M. (2012). Qualidade do ar interior nas habitações Portuguesas. *Congress of Innovation on Sustainable Construction*, 1–10.
- Haverinen-shaughnessy, U. (2012). *Prevalence of dampness and mold in European housing stock*. (May 2011), 461–467. <https://doi.org/10.1038/jes.2012.21>
- Hess-Kosa, K. (2002). *Indoor air quality: sampling methodologies* (Lewis, Ed.). Boca Raton Fla.
- Hulin, M., Simoni, M., Viegi, G., & Annesi-Maesano, I. (2012, October 1). Respiratory health and indoor air pollutants based on quantitative exposure assessments. *European Respiratory Journal*, Vol. 40, pp. 1033–1045. <https://doi.org/10.1183/09031936.00159011>
- IARC. (2013). *IARC: Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths IARC: Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths*. (October), 2–5.
- Joshi, S. M. (2008). *The sick building syndrome*. 1–5.
- Lacerda, A., Leroux, T., & Morata, T. (2005). Ototoxic effects of carbon monoxide exposure: a review. *Pró-Fono: Revista de Atualização Científica*, 17(3), 403–412. <https://doi.org/10.1590/S0104-56872005000300014>
- Lelieveld, J., Klingmüller, K., Pozzer, A., Pöschl, U., Fnais, M., Daiber, A., & Münzel, T. (2019). Cardiovascular disease burden from ambient air pollution in Europe reassessed using novel hazard ratio functions. *European Heart Journal*, 40(20), 1590–1596. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz135>
- Leung, D. Y. C. (2015). Outdoor-indoor air pollution in urban environment: challenges and opportunity. *Frontiers in Environmental Science*, 2. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2014.00069>
- Loureiro, A. (2015). *Qualidade Do Ar Interior Em Lares De Idosos E a Exposição Ocupacional Aos Poluentes Atmosféricos*. 1–9.
- Madureira, J. G. V. (2005). *Impacte de uma grande linha de tráfego urbano na qualidade do ar e na saúde*.
- Massa, A. (2010). Auditoria à Qualidade do Ar Interior nos edifícios da Universidade do Minho em Azurém. *Escola de Engenharia Da Universidade Do Minho*.
- Matos, C. (2009). *O Efeito da Ventilação Natural na Qualidade do Ar Interior e na Eficiência Energética*.
- Mendell, Mark J. Heath, G. A. (2005). *Do Indoor Pollutants and Thermal Conditions in Schools Influence Student Performance? A Critical Review of the Literature*.
- Menzies, D., & Bourdeau, J. (1997). *Illnesses, Specific Building-related*.
- Monika, Ś., & Mar, M. (2017). *Indoor air quality in public utility environments — a review*. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8567-7>

- OMS. (2000). *Quantification of the Health Effects of Exposure to Air Pollution Report of a WHO Working Group*. (November).
- OMS. (2005). WHO | Air quality guidelines - global update 2005. WHO.
- OMS. (2009). *Guidelines for indoor air quality: dampness and mould*.
- OMS. (2015). *Bulletin of the World Health Organization Indoor air pollution : 4000 deaths a day must no longer be ignored*. (6), 1–3.
- OMS. (2018). Ambient (outdoor) air pollution. Retrieved December 26, 2019, from [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- OMS. (2019). 9 out of 10 people worldwide breathe polluted air, but more countries are taking action. Retrieved December 23, 2019, from OMS website: <https://www.who.int/news-room/detail/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>
- Parsons, K. (2019). Human Thermal Comfort. In *CRC Press - Taylor and Francis Group Boca Raton*.
- Pires, A. F., Pais, A., Faria, T., Silva, S., Pinhal, H., & Nogueira, A. (2019). _ *Exposição profissional a formaldeído em laboratórios de anatomia patológica Occupational exposure to formaldehyde in pathology laboratories*. 48–51.
- Portaria n.º 353-A/2013 de 4 de Dezembro do Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, da Saúde e da Solidariedade, Emprego e Segurança Social. , Pub. L. No. Diário da República : I Série, 253 (2013).
- Ramachandran, G., Adgate, J. L., Banerjee, S., & Church, T. R. (2005). *Indoor Air Quality in Two Urban Elementary Schools — Measurements of Airborne Fungi , Carpet Allergens , CO 2 , Temperature , and Relative Humidity*.
- Ramos, C. (2013). Qualidade do Ar Interior em Ginásios - Exposição a poluentes do ar interior durante a atividade física. *Dissertação de Mestrado Em Gestão Integrada Da Qualidade, Ambiente e Segurança*.
- Ramos, C. D., Dias, C. M., Paixão, E., Cano, M. M., & Proença, M. C. (2012). Qualidade do Ar Interior em Edifícios de Escritórios e Serviços. *Estudos Em Destaque*, 1–6.
- Razjouyan, J., Lee, H., Gilligan, B., Lindberg, C., Nguyen, H., Canada, K., ... Sharafkhaneh, A. (2019). *Wellbuilt for Wellbeing : Controlling Relative Humidity in the Workplace Matters for Our Health Wellbuilt for wellbeing : Controlling relative humidity in the workplace matters for our health*. (October). <https://doi.org/10.1111/ina.12618>
- Rousseau, M. C., Straif, K., & Siemiatycki, J. (2005). IARC carcinogen update [1]. *Environmental Health Perspectives*, 113(9), 580–583. <https://doi.org/10.1289/ehp.113-a580>
- Sanguessuga, M. S. G. (2012). *Síndrome dos edifícios doentes - Estudo da qualidade do ar interior e despiste da eventual existência de SED entre a população do*

- edifício “E” de um estabelecimento de ensino superior (Instituto Politécnico de Lisboa). Retrieved from http://www.saudepublica.web.pt/05-promocaosaude/054-SOcupacional/SED_analise.htm
- Santos, J. C. dos. (2010). *Avaliação da qualidade do ar interior em jardins de infância*. 86.
- Schraufnagel, D. E., Balmes, J. R., De Matteis, S., Hoffman, B., Kim, W. J., Perez-Padilla, R., ... Wuebbles, D. J. (2019). Health Benefits of Air Pollution Reduction. *Annals of the American Thoracic Society*, 16(12), 1478–1487. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201907-538CME>
- Seguel, J. M., Merrill, R., Seguel, D., & Campagna, A. C. (2017). Indoor Air Quality. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 11(4), 284–295. <https://doi.org/10.1177/1559827616653343>
- Sundell, J. (2004). *On the history of indoor air quality and health*. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2004.00273.x>
- United States Environmental Protection Agency (EPA). (2009). Indoor air quality tools for schools. Reference guide. *United States Environmental Protection Agency*, 98. <https://doi.org/10.1016/B978-012373615-4/50026-1>
- Valavanidis, A., & Vratista, M. (2006). Indoor air quality measurements in the Chemistry Department Building of the University of Athens. *Indoor and Built Environment*, 15(6), 595–605. <https://doi.org/10.1177/1420326X06073182>
- Wang, L., Zhong, B., Vardoulakis, S., Zhang, F., Pilot, E., Li, Y., ... Krafft, T. (2016). Air quality strategies on public health and health equity in Europe—A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(12). <https://doi.org/10.3390/ijerph13121196>
- Wu, T., Wagner, D., Jiang, J., Stevens, P., Huber, H., Tasoglou, A., & Boor, B. (2019). Dynamics of Volatile Organic Compounds in a Living Laboratory Office and HVAC System. *American Association for Aerosol Research (AAAR) 37th Annual Conference*, 2019.
- Xue, T., Zhu, T., Zheng, Y., & Zhang, Q. (2019). Declines in mental health associated with air pollution and temperature variability in China. *Nature Communications*, 100871. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-11660-5>
- Žuškin, E., Schachter, E. N., Mustajbegović, J., Pucarín-Cvetković, J., Doko-Jelinić, J., & Mučić-Pucić, B. (2009). Indoor air pollution and effects on human health. *Periodicum Biologorum*, 111(1), 37–40.

